(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 640 459**

(51) Int. CI.:

G21B 1/05 (2006.01)
H05H 1/14 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.04.2014 PCT/US2014/032757**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO14165641**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.04.2014 E 14729118 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2981967**

(54) Título: **Confinamiento de plasma de campo magnético para reactor de energía de fusión compacto**

(30) Prioridad:

03.04.2013 US 201361808122 P
03.04.2013 US 201361808089 P
03.04.2013 US 201361807932 P
03.04.2013 US 201361808110 P
03.04.2013 US 201361808101 P
03.04.2013 US 201361808136 P
03.04.2013 US 201361808154 P
03.04.2013 US 201361808066 P
03.04.2013 US 201361808093 P
03.04.2013 US 201361808131 P
02.04.2014 US 201414242999

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.11.2017

(73) Titular/es:

LOCKHEED MARTIN CORPORATION (100.0%)
6801 Rockledge Drive
Bethesda, Maryland 20817, US

(72) Inventor/es:

MCGUIRE, THOMAS, JOHN

(74) Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Confinamiento de plasma de campo magnético para reactor de energía de fusión compacto

CAMPO TÉCNICO

Esta descripción se refiere, en general, a reactores de fusión y, más específicamente, al confinamiento de plasma de campo magnético para energía de fusión compacta.

ANTECEDENTES

La energía de fusión es la energía generada por un proceso de fusión nuclear en la que dos o más núcleos atómicos chocan a gran velocidad y se unen para formar un nuevo tipo de núcleo atómico. Un reactor de fusión es un dispositivo que produce energía de fusión confinando y controlando plasma. Los reactores de fusión típicos son grandes, complejos y no pueden montarse en un vehículo.

Del documento US 4.252.608 A es conocido confinar plasma en un dispositivo espejo en tándem de tres celdas espejo. Para mejorar el confinamiento del plasma en una celda espejo central, un mecanismo de bombeo bombea algunas de las partículas cargadas de signo contrario a las que se confinan en la celda espejo central fuera de una célula espejo de extrema. El mecanismo de bombeo puede utilizar un campo magnético pulsado o un campo eléctrico aplicado por una bobina de inducción.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES PARTICULARES

Un objetivo de la invención es proporcionar un reactor de fusión perfeccionado. Este objetivo se consigue mediante el contenido de la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones ventajosas de la invención.

De acuerdo con una realización de la invención, un reactor de fusión incluye una pluralidad de bobinas magnéticas internas suspendidas en el interior de un recinto, una o más bobinas magnéticas centrales coaxiales con la pluralidad de bobinas magnéticas internas, una pluralidad de bobinas magnéticas de encapsulamiento coaxiales con las bobinas magnéticas internas y una pluralidad de bobinas magnéticas espejo coaxiales con las bobinas magnéticas internas. Las bobinas magnéticas de encapsulamiento mantienen una pared magnética que impide que el plasma en el interior del recinto se expanda.

Las ventajas técnicas de ciertas realizaciones pueden incluir proporcionar un reactor de fusión compacto que sea menos complejo y menos costoso de fabricar que los reactores de fusión típicos. Algunas realizaciones pueden proporcionar un reactor de fusión que sea suficientemente compacto para montarse sobre o en un vehículo tal como un camión, un avión, un barco, un tren, un vehículo espacial, o un submarino. Algunas realizaciones pueden proporcionar un reactor de fusión que pueda utilizarse en plantas de desalinización o centrales eléctricas. Otras ventajas técnicas serán claras para el experto en la materia a partir de las siguientes figuras, descripciones, y reivindicaciones. Además, aunque se han enumerado anteriormente ventajas específicas, varias realizaciones pueden incluir todas, algunas o ninguna de las ventajas enumeradas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 ilustra unas aplicaciones de ejemplo para reactores de fusión, de acuerdo con ciertas realizaciones.
La figura 2 ilustra un sistema de avión de ejemplo que utiliza reactores de fusión, de acuerdo con ciertas realizaciones.
Las figuras 3A y 3B ilustran un ejemplo de reactor de fusión, de acuerdo con ciertas realizaciones.
Las figuras 4A-4E ilustran vistas simplificadas de las bobinas de varias realizaciones del reactor de fusión de las figuras 3A y 3B, y sistemas de ejemplo para alimentar las bobinas, de acuerdo con ciertas realizaciones.
La figura 5 ilustra el plasma en el interior del reactor de fusión de las figuras 3A y 3B, de acuerdo con ciertas realizaciones.
La figura 6 ilustra campos magnéticos del reactor de fusión de las figuras 3A y 3B, de acuerdo con ciertas realizaciones.
La figura 7 ilustra una bobina interna del reactor de fusión de las figuras 3A y 3B, de acuerdo con ciertas realizaciones.
La figura 8 ilustra una vista en sección del recinto del reactor de fusión de las figuras 3A y 3B, de acuerdo con ciertas realizaciones.
La figura 9 ilustra un sistema informático de ejemplo, de acuerdo con ciertas realizaciones.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES DE EJEMPLO

Los reactores de fusión generan energía confinando y controlando plasma que se utiliza en un proceso de fusión nuclear. Típicamente, los reactores de fusión son dispositivos extremadamente grandes y complejos. Debido a sus tamaños prohibitivamente grandes, no es factible montar reactores de fusión típicos en vehículos. Como resultado, la utilidad de los reactores de fusión típicos es limitada.

Las enseñanzas de la divulgación reconocen que es deseable proporcionar un reactor de fusión compacto que sea lo suficientemente pequeño para montarse sobre o en vehículos tales como camiones, trenes, aviones, barcos, submarinos, naves espaciales y similares. Por ejemplo, puede ser deseable proporcionar reactores de fusión compactos montados en camiones que puedan proporcionar un sistema de energía descentralizado. Como otro ejemplo, puede ser deseable proporcionar un reactor de fusión compacto para un avión que amplíe considerablemente la autonomía y el tiempo de funcionamiento del avión. Además, puede ser deseable proporcionar un reactor de fusión que pueda utilizarse en centrales eléctricas y plantas de desalinización. A continuación, se describen dispositivos y procedimientos para contener y confinar un combustible de fusión nuclear (por ejemplo, plasma), que permita calentarlo con el fin de producir energía neta para utilizarse en centrales eléctricas y vehículos tales como vehículos aeroespaciales, navales y de transporte por tierra.

La figura 1 ilustra aplicaciones de un reactor de fusión 110, de acuerdo con ciertas realizaciones. Como ejemplo, un avión 101 utiliza una o más realizaciones del reactor de fusión 110 para suministrar calor a uno o más motores (por ejemplo, turbinas) del avión 101. Un ejemplo específico de utilización de uno o más reactores de fusión 110 en un avión se describe con más detalle a continuación con referencia a la figura 2. En otro ejemplo, un barco 102 utiliza una o más realizaciones del reactor de fusión 110 para suministrar electricidad y potencia de propulsión. Si bien para el barco 102 se ilustra un portaaviones en la figura 1, puede utilizarse una o más realizaciones del reactor de fusión 110 en cualquier tipo de embarcación (por ejemplo, un buque de carga, un crucero, etc.). Como otro ejemplo, una o más realizaciones del reactor de fusión 110 pueden montarse en un camión de plataforma 103 con el fin de proporcionar energía descentralizada o para suministrar energía a áreas remotas que necesitan electricidad. Como otro ejemplo, una planta de energía eléctrica 104 puede utilizar una o más realizaciones del reactor de fusión 110 para proporcionar electricidad a una red eléctrica. Aunque en la figura 1se ilustran aplicaciones específicas para el reactor de fusión 110, la descripción no está limitada a las aplicaciones ilustradas. Por ejemplo, el reactor de fusión 110 puede utilizarse en otras aplicaciones tales como trenes, plantas de desalinización, vehículos espaciales, submarinos y similares.

En general, el reactor de fusión 110 es un dispositivo que genera potencia confinando y controlando el plasma que se utiliza en un proceso de fusión nuclear. El reactor de fusión 110 genera una gran cantidad de calor procedente del proceso de fusión nuclear que puede convertirse en diversas formas de energía. Por ejemplo, el calor generado por el reactor de fusión 110 puede utilizarse para producir vapor para impulsar una turbina y un generador eléctrico, produciendo, de este modo, electricidad. Como otro ejemplo, tal como se describe más adelante con referencia a la figura 2, el calor generado por el reactor de fusión 110 puede ser utilizado directamente por una turbina de un turbocompresor o motor de ventilador de un avión en lugar de una cámara de combustión.

El reactor de fusión 110 puede escalarse para proporcionar cualquier potencia deseada para cualquier aplicación deseada. Por ejemplo, una realización de un reactor de fusión 110 puede ser de 10 m x 7 m y puede tener una potencia calorífica bruta de aproximadamente 100 MW. En otras realizaciones, el reactor de fusión 110 puede ser más grande o más pequeño dependiendo de la aplicación y puede tener una potencia calorífica mayor o menor. Por ejemplo, el reactor de fusión 110 puede tener un tamaño escalado para que tenga una potencia calorífica bruta de más de 200 MW.

La figura 2 ilustra un ejemplo de sistema de avión 200 que utiliza uno o más reactores de fusión 110, de acuerdo con ciertas realizaciones. El sistema de avión 200 incluye uno o más reactores de fusión 110, un procesador de combustible 210, una o más unidades de potencia auxiliares (UPAs) 220 y uno o más turbo ventiladores 230. Los reactores de fusión 110 suministran refrigerante caliente 240 a los turbo ventiladores 230 (por ejemplo, directamente o a través del procesador de combustible 210) utilizando una o más líneas de transferencia de calor. En algunas realizaciones, el refrigerante caliente 240 es FLiBe (es decir, una mezcla de fluoruro de litio (LiF) y fluoruro de berilio (BeF_2)) o LiPb. En algunas realizaciones, el refrigerante caliente 240 se suministra adicionalmente a las UPAs 220. Una vez utilizado por los turbo ventiladores 240, el refrigerante de retorno 250 es alimentado de nuevo a los reactores de fusión 110 para ser calentado y utilizado de nuevo. En algunas realizaciones, el refrigerante de retorno 250 se alimenta directamente a los reactores de fusión 110. En algunas realizaciones, el refrigerante de retorno 250 puede suministrarse adicionalmente a los reactores de fusión 110 desde las UPAs 220.

En general, el sistema de avión 200 utiliza uno o más reactores de fusión 110 con el fin de proporcionar calor a través del refrigerante caliente 240 a los turbo ventiladores 230. Típicamente, un turbo ventilador utiliza una cámara

de combustión que quema combustible para calentar el aire de admisión, produciendo de este modo empuje. Sin embargo, en el sistema de avión 200, las cámaras de combustión de los turbo ventiladores 230 han sido sustituidas por intercambiadores de calor que utilizan refrigerante caliente 240 proporcionados por uno o más reactores de fusión 110 para calentar el aire de admisión. Esto puede proporcionar numerosas ventajas sobre turbo ventiladores típicos. Por ejemplo, al permitir que los turbo ventiladores 230 funcionen sin quemadores que queman combustible, la autonomía del avión 101 puede aumentarse mucho. Además, reduciendo o eliminando en gran medida la necesidad de combustible, el coste operativo del avión 101 puede reducirse significativamente.

Las figuras 3A y 3B ilustran un reactor de fusión 110 que puede utilizarse en las aplicaciones de ejemplo de la figura 1, de acuerdo con ciertas realizaciones. En general, el reactor de fusión 110 es un reactor de fusión de cúspide de anillo lineal encapsulado en el cual se emplean unas bobinas magnéticas de encapsulamiento 150 para evitar que se expanda el plasma que se genera utilizando espirales magnéticas internas de cúspide. En algunas realizaciones, el reactor de fusión 110 incluye un recinto 120 con una línea central 115 que desciende por el centro del recinto 120, tal como se muestra. En algunas realizaciones, el recinto 120 incluye una cámara de vacío y tiene una sección transversal, tal como se describe a continuación en referencia a la figura 7. El reactor de fusión 100 incluye unas bobinas internas 140 (por ejemplo, bobinas internas 140a y 140, también conocidas como bobinas de "cúspide"), unas bobinas de encapsulamiento 150 y unas bobinas espejo 160 (por ejemplo, unas bobinas espejo 160a y 160b). Las bobinas internas 140 se encuentran suspendidas en el interior del recinto 120 por cualquier medio apropiado y están centradas en la línea central 115. Las bobinas de encapsulamiento 150 están también centradas en la línea central 115 y pueden ser internas o externas al recinto 120. Por ejemplo, las bobinas de encapsulamiento 150 pueden estar suspendidas en el interior del recinto 120 en algunas realizaciones. En otras realizaciones, las bobinas de encapsulamiento 150 pueden ser externas al recinto 120, tal como se ilustra en las figuras 3A y 3B.

En general, el reactor de fusión 100 proporciona energía controlando y confinando el plasma 310 en el interior del recinto 120 para un proceso de fusión nuclear. Las bobinas internas 140, las bobinas de encapsulamiento 150 y las bobinas espejo 160 se activan para formar campos magnéticos que confinan el plasma 310 en una forma tal como la forma ilustrada en las figuras 3B y 5. Ciertos gases, tales como gases de deuterio y tritio, pueden hacerse reaccionar entonces para formar partículas energéticas que calientan el plasma 310 y las paredes del recinto 120. El calor generado puede utilizarse, por ejemplo, para alimentar vehículos. Por ejemplo, un refrigerante de metal líquido tal como FLiEe o LiPb puede transportar calor desde las paredes del reactor de fusión 110 hacia los motores de un avión. En algunas realizaciones, las cámaras de combustión en motores de turbina de gas pueden reemplazarse por intercambiadores de calor que utilizan el calor generado del reactor de fusión 110. En algunas realizaciones, puede extraerse energía eléctrica también del reactor de fusión 110 a través de procesos magneto-hidrodinámicos (MHD).

El reactor de fusión 110 es un dispositivo de fusión de cúspide de anillo lineal encapsulado. El confinamiento de plasma principal se consigue en algunas realizaciones mediante una cúspide de anillo lineal central (por ejemplo, una bobina central 130) con dos cúspides de husillo situadas axialmente a ambos lados (por ejemplo, bobinas internas 140). Estas regiones de confinamiento se encapsulan entonces (por ejemplo, con las bobinas de encapsulamiento 150) dentro de un campo espejo coaxial proporcionado por las bobinas espejo 160.

Los campos magnéticos del reactor de fusión 110 son proporcionados por unas bobinas de campo magnético situadas coaxialmente de diferentes tamaños y corrientes. Las pérdidas de la cúspide del anillo de la región central se mitigan por recirculación en las cúspides del husillo. Este flujo de recirculación se hace estable y compacto por los campos de encapsulamiento proporcionados por las bobinas de encapsulamiento 150. Las pérdidas de difusión al exterior y las pérdidas axiales procedentes de las zonas de confinamiento principal son mitigadas por los fuertes campos espejo del campo de encapsulamiento proporcionado por bobinas de encapsulamiento 150. Para funcionar como dispositivo de producción de energía de fusión, se añade calor al plasma confinado 310, haciendo que experimente reacciones de fusión y produzca calor. Este calor puede recogerse después para producir calor útil, trabajo y/o energía eléctrica.

En algunas realizaciones, pueden utilizarse bobinas adicionales para alterar la forma de las zonas de confinamiento con el fin de crear zonas de confinamiento más adecuadas para fines específicos. Por ejemplo, la cavidad de confinamiento central puede expandirse a una forma más esférica, aumentando su volumen y adecuación para esquemas de fusión no térmica. Otro ejemplo es el estiramiento de la zona central en forma de puro más alargada, quizás para una integración más fácil en vehículos aeroespaciales o para facilitar la conversión o efectos de pared superficial tales como de generación. En ciertas realizaciones, pueden utilizarse células centrales adicionales para aumentar el volumen de fusión sin aumentar las pérdidas ya que una pila entera todavía quedaría cubierta por dos cúspides del husillo sobre el eje. Esto sirve como una manera de modularizar el sistema y adaptar la potencia de una instalación determinada a las necesidades de energía.

El reactor de fusión 110 es una mejora respecto a los sistemas existentes en parte debido a que puede conservarse la estabilidad de MHD global y las pérdidas a través de zonas de confinamiento sucesivas quedan más aisladas debido a la dispersión de partículas que se mueven a lo largo de las líneas nulas. Esta característica significa que

las partículas que se mueven a lo largo de la línea central no son propensas a pasar inmediatamente fuera del sistema, pero tendrá muchos eventos de dispersión para salir del sistema. Esto aumenta su vida útil en el dispositivo, aumentando la capacidad del reactor para producir energía de fusión útil,

El reactor de fusión 110 tiene nuevas configuraciones de campo magnético que presentan una estabilidad de MHD global, tiene un mínimo de pérdidas de partículas a través de líneas de campo abierto, utiliza toda la energía de campo magnético disponible y tiene un diseño de ingeniería muy simplificado. El uso eficiente de campos magnéticos significa que las realizaciones descritas pueden ser un orden de magnitud menor que los sistemas típicos, lo cual reduce considerablemente los costes de capital para las centrales eléctricas. Además, los reducidos costes permiten que el concepto se desarrolle más rápido ya que cada ciclo de diseño puede completarse mucho más rápido que el sistema típico. En general, las realizaciones descritas tienen un diseño más simple, más estable, con mucho menos riesgo físico que los sistemas existentes.

El recinto 120 es cualquier cámara o dispositivo apropiado para contener una reacción de fusión. En algunas realizaciones, el recinto 120 es una cámara de vacío que es generalmente de forma cilíndrica. En otras realizaciones, el recinto 120 puede tener una forma distinta a la cilíndrica. En algunas realizaciones, el recinto 120 tiene una línea central 115 que discurre por un eje central del recinto 120, tal como se ilustra. En algunas realizaciones, el recinto 120 tiene un primer extremo 320 y un segundo extremo 330 que es opuesto al primer extremo 320. En algunas realizaciones, el recinto 120 tiene un punto medio 340 que es sustancialmente equidistante entre el primer extremo 320 y el segundo extremo 330. A continuación, se describe una sección transversal de una realización particular del recinto 120, con referencia a la figura 8.

Algunas realizaciones del reactor de fusión 110 pueden incluir una bobina central 130. La bobina central 130 está situada generalmente cerca del punto medio 340 del recinto 120. En algunas realizaciones, la bobina central 130 está centrada en la línea central 115 y es coaxial con las bobinas internas 140. La bobina central 130 puede ser interna o externa al recinto 120, puede estar situada en cualquier posición axial apropiada respecto al punto medio 340, puede tener cualquier radio apropiado, puede llevar cualquier corriente apropiada y puede tener cualquier amperio-vuelta apropiado.

Las bobinas internas 140 son cualquier bobina magnética apropiada que se encuentre suspendida o colocada de otro modo en el interior del recinto 120. En algunas realizaciones, las bobinas internas 140 son bobinas magnéticas superconductoras. En algunas realizaciones, las bobinas internas 140 son de forma toroidal, tal como se muestra en la figura 3B. En algunas realizaciones, las bobinas internas 140 están centradas en la línea central 115. En algunas realizaciones, las bobinas internas 140 incluyen dos bobinas: una primera bobina interna 140a que está situada entre el punto medio 340 y el primer extremo 320 del recinto 120 y una segunda bobina interna 140b que está situada entre el punto medio 340 y el segundo extremo 330 del recinto 120. Las bobinas internas 140 pueden estar situadas en cualquier posición axial apropiada respecto al punto medio 340, pueden tener cualquier radio apropiado, pueden llevar cualquier corriente apropiada, y pueden tener cualquier amperio-vuelta apropiado. Una realización particular de una bobina interna 140 se explica con más detalle a continuación con referencia a la figura 7.

Las bobinas de encapsulamiento 150 son cualquier bobina magnética apropiada y generalmente tiene un diámetro mayor que las bobinas internas 140. En algunas realizaciones, las bobinas de encapsulamiento 150 están centradas en la línea central 115 y son coaxiales con las bobinas internas 140. En general, las bobinas de encapsulamiento 150 encapsulan bobinas internas 140 y operan para cerrar las líneas magnéticas originales de bobinas internas 140 dentro de una magnetosfera. El cierre de estas líneas puede reducir la extensión de las líneas de campo abierto y reducir las pérdidas a través de la recirculación. Las bobinas de encapsulamiento 150 también preservan la estabilidad de MHD del reactor de fusión 110 manteniendo una pared magnética que impide que el plasma 310 se expanda. Las bobinas de encapsulamiento 150 tienen cualquier sección transversal apropiada, tal como cuadrada o redonda. En algunas realizaciones, las bobinas de encapsulamiento 150 se encuentran suspendidas en el interior del recinto 120. En otras realizaciones, las bobinas de encapsulamiento 150 pueden ser externas al recinto 120, tal como se ilustra en las figuras 3A y 3B. Las bobinas de encapsulamiento 150 pueden estar situadas en cualquier posición axial apropiada respecto al punto medio 340, pueden tener cualquier radio apropiado, pueden llevar cualquier corriente apropiada, y pueden tener cualquier amperio-vuelta apropiado.

El reactor de fusión 110 puede incluir cualquier número y disposición de bobinas de encapsulamiento 150. En algunas realizaciones, las bobinas de encapsulamiento 150 incluyen por lo menos una bobina de encapsulamiento 150 colocada en cada lado del punto medio 340 del recinto 120. Por ejemplo, el reactor de fusión 110 puede incluir dos bobinas de encapsulamiento 150: una primera bobina de encapsulamiento 150 situada entre el punto medio 340 y el primer extremo 320 del recinto 120 y una segunda bobina de encapsulamiento 150 situada entre el punto medio 340 y el segundo extremo 330 del recinto 120. En algunas realizaciones, el reactor de fusión 110 incluye un total de dos, cuatro, seis, ocho o cualquier otro número par de bobinas de encapsulamiento 150. En ciertas realizaciones, el reactor de fusión 110 incluye un primer conjunto de dos bobinas de encapsulamiento 150 situadas entre la bobina interna 140a y el primer extremo 320 del recinto 120 y un segundo conjunto de dos bobinas de encapsulamiento 150

situadas entre la bobina interna 140b y el segundo extremo 330 del recinto 120. Aunque se han descrito números y disposiciones particulares de bobinas de encapsulamiento 150, el reactor de fusión 110 puede utilizar cualquier número apropiado y disposición de bobinas de encapsulamiento 150.

Las bobinas espejo 160 son bobinas magnéticas que generalmente se encuentran situadas cerca de los extremos del recinto 120 (es decir, el primer extremo 320 y el segundo extremo 330). En algunas realizaciones, las bobinas espejo 160 están centradas en la línea central 115 y son coaxiales con las bobinas internas 140. En general, las bobinas espejo 160 sirven para reducir las pérdidas de cúspide axial y hacer que todas las líneas de campo de recirculación satisfagan un β mínimo promedio, una condición que no se satisface por otros esquemas de recirculación existentes. En algunas realizaciones, las bobinas espejo 160 incluyen dos bobinas espejo 160: una primera bobina espejo 160a situada próxima al primer extremo 320 del recinto 120 y una segunda bobina espejo 160b situada cerca del segundo extremo 330 del recinto 120. Las bobinas espejo 160 pueden ser internas o externas al recinto 120, pueden estar situadas en cualquier posición axial apropiada respecto al punto medio 340, pueden tener cualquier radio apropiado, pueden llevar cualquier corriente apropiada y pueden tener cualquier amperio-vuelta apropiado.

En algunas realizaciones, las bobinas 130, 140, 150 y 160 se diseñan o se seleccionan de acuerdo con ciertas restricciones. Por ejemplo, las bobinas 130, 140, 150 y 160 pueden diseñarse según restricciones que incluyen: corrientes requeridas elevadas (máximo en algunas realizaciones de aprox. 10 Mega amperio-vuelta); funcionamiento continuo en estado estacionario; diseño de vacío (protegido contra impactos de plasma), forma toroidal, límite de desgasificación; materiales compatibles con desorción térmica de 150C; acumulación térmica; y enfriamiento entre disparos.

El reactor de fusión 110 puede incluir uno o más inyectores de calor 170. Los inyectores de calor 170 generalmente pueden accionarse para permitir que cualquier calor apropiado sea añadido al reactor de fusión 110 para calentar el plasma 310. En algunas realizaciones, por ejemplo, pueden utilizarse inyectores de calor 170 para añadir haces neutros con el fin de calentar el plasma 310 en el interior del reactor de fusión 110.

En funcionamiento, el reactor de fusión 110 genera energía de fusión controlando la forma del plasma 310 para un proceso de fusión nuclear utilizando por lo menos unas bobinas internas 140, unas bobinas de encapsulamiento 150 y unas bobinas espejo 160. Las bobinas internas 140 y las bobinas de encapsulamiento 150 son excitadas para formar campos magnéticos que confinan el plasma 310 en una forma tal como la forma mostrada en las figuras 3B y 5. Pueden entonces hacerse reaccionar gases, tales como deuterio y tritio, para producir partículas energéticas que calientan el plasma 310 y las paredes del recinto 120. El calor generado puede utilizarse entonces para energía. Por ejemplo, un refrigerante de metal líquido puede transportar calor de las paredes del reactor hacia los motores de un avión. En algunas realizaciones, la energía eléctrica también puede extraerse del reactor de fusión 110 a través de MHD.

Con el fin de expandir el volumen del plasma 310 y crear una geometría β mínima más favorable, el número de bobinas internas puede aumentarse para realizar una cúspide. En algunas realizaciones del reactor de fusión 110, la suma de las bobinas internas 140, la bobina central 130 y las bobinas espejo 160 es un número impar para obtener el encapsulamiento a través del campo del "solenoide" exterior (es decir, el campo magnético proporcionado por las bobinas de encapsulamiento 150). Esto evita hacer un campo de cúspide de anillo y, por lo tanto, arruinar el separador de encapsulamiento. Dos bobinas internas 140 y una bobina central 130 con polarizaciones alternas proporcionan un pozo magnético con características de β mínimo dentro de la cúspide y un volumen de plasma de núcleo cuasi esférico. La adición de dos bobinas axiales espejo (es decir, bobinas espejo 160) sirve para reducir las pérdidas de cúspide axial y, lo que es más importante, hace que las líneas de campo de recirculación satisfagan un β mínimo promedio, condición que no satisfacen otros esquemas de recirculación existentes. En algunas realizaciones, podrían añadirse pares adicionales de bobinas internas 140 para crear más volumen de plasma en el pozo. Sin embargo, tales adiciones pueden aumentar el coste y la complejidad del reactor de fusión 110 y pueden requerir soportes adicionales para bobinas internas al plasma 310.

En las realizaciones ilustradas del reactor de fusión 110, sólo las bobinas internas 140 están dentro del plasma 310. En algunas realizaciones, las bobinas internas 140 se encuentran suspendidas en el interior del recinto 120 por uno o más soportes, tal como el soporte 750 ilustrado en la figura 7. Aunque los soportes quedan asentados fuera de la cavidad del plasma del núcleo central, todavía pueden experimentar elevados flujos de plasma. Alternativamente, las bobinas internas 140 de algunas realizaciones pueden ser susceptibles de levitación, lo que eliminaría el riesgo y la complejidad de tener estructuras de soporte dentro del plasma 310.

La figura 4 ilustra una vista simplificada de las bobinas del reactor de fusión 110 y unos sistemas de ejemplo para alimentar las bobinas. En esta realización, la geometría de campo se dimensiona para que sea el tamaño mínimo necesario para conseguir una magnetización de iones adecuada con campos que pueden producirse mediante una tecnología de imán simple. Se consideró que la magnetización iónica adecuada era de ~5 radios de giro de iones a

una energía de iones promedio de diseño respecto a la anchura de la zona de recirculación. A la energía de diseño de una temperatura del plasma de 100 eV hay 13 saltos de difusión de iones y a una energía de plasma total de 20 KeV hay 6,5 saltos de iones. Esto es lo más bajo para mantener un campo magnético razonable de 2,2 T en las cúspides y mantener un tamaño modesto del dispositivo.

Tal como se ilustra en la figura 4A, ciertas realizaciones del reactor de fusión 110 incluyen dos bobinas espejo 160: una primera bobina espejo 160a situada cerca del primer extremo 320 del recinto y una segunda bobina magnética 160b situada cerca del segundo extremo 330 del recinto 120. Ciertas realizaciones del reactor de fusión 110 también incluyen una bobina central 130 que está situada próxima al punto medio 340 del recinto 120. Ciertas realizaciones del reactor de fusión 110 incluyen también dos bobinas internas 140: una primera bobina interna 140a situada entre la bobina central 130 y el primer extremo 320 del recinto 120 y una segunda bobina interna 140b situada entre la bobina central 130 y el segundo extremo 330 del recinto 120. Además, ciertas realizaciones del reactor de fusión 110 pueden incluir dos o más bobinas de encapsulamiento 150. Por ejemplo, el reactor de fusión 110 puede incluir un primer conjunto de dos bobinas de encapsulamiento 150 situadas entre la primera bobina interna 140a y el primer extremo 320 del recinto 120 y un segundo conjunto de dos bobinas de encapsulamiento 150 situadas entre la segunda bobina interna 140b y el segundo extremo 330 del recinto 120. En algunas realizaciones, el reactor de fusión 110 puede incluir cualquier número par de bobinas de encapsulamiento 150. En algunas realizaciones, las bobinas de encapsulamiento 150 pueden estar situadas en cualquier posición apropiada a lo largo de la línea central 115, con excepción de lo que se ilustra en la figura 4. En general, las bobinas de encapsulamiento 150, así como las bobinas internas 140 y las bobinas espejo 160, pueden situarse en cualquier posición apropiada a lo largo de la línea central 115 con el fin de mantener los campos magnéticos en la forma correcta para conseguir la forma deseada del plasma 310.

En algunas realizaciones, se suministran corrientes eléctricas a las bobinas 130, 140, 150 y 160, tal como se ilustra en la figura 4. En esta figura, cada bobina ha sido dividida a lo largo de la línea central 115 y está representada por un rectángulo con una "X" o una "O" en cada extremo. Una "X" representa la corriente eléctrica que pasa hacia el plano del papel, y una "O" representa la corriente eléctrica que pasa hacia el plano del papel. Utilizando esta nomenclatura, las figuras 4A-4E ilustran cómo en esta realización del reactor de fusión 110, las corrientes eléctricas fluyen en la misma dirección a través de las bobinas de encapsulamiento 150, la bobina central 130 y las bobinas espejo 160 (es decir, hacia el plano del papel en la parte superior de las bobinas), pero fluyen en dirección contraria a través de las bobinas internas 140 (es decir, hacia el plano del papel en la parte inferior de las bobinas).

En algunas realizaciones, la geometría de campo del reactor de fusión 110 puede ser sensible a las corrientes relativas en las bobinas, pero el problema puede desvincularse adecuadamente para permitir el control. En primer lugar, las corrientes a pares opuestos de bobinas pueden conducirse en serie para garantizar que no existen asimetrías en la dirección axial. El campo en algunas realizaciones es más sensible a las tres bobinas centrales (por ejemplo, las bobinas internas 140 y la bobina central 130). Con las corrientes de la bobina interna 140 fijadas, la corriente en la bobina central 130 puede ajustarse para regular la forma del pozo magnético central. Esta región puede alterarse en una forma de "barra-campana" orientada axialmente aumentando la corriente en la bobina central 130 a medida que el aumento del flujo "comprime" la esfera a la forma axial. Alternativamente, la corriente en la bobina central 130 puede reducirse, dando como resultado un pozo magnético en forma de anillo en el punto medio 340. El radio de la bobina central 130 también fija la proximidad de la línea nula de la cúspide del anillo a las bobinas internas 140 y puede seleccionarse para que tenga esta línea nula cerca del centro del espacio entre la bobina central 130 y las bobinas internas 140 para mejorar el confinamiento.

El radio de las bobinas internas 140 sirve para establecer el equilibrio de la intensidad de campo relativa entre las cúspides de punto y las cúspides de anillo para la cavidad central. Los tamaños de la línea de base pueden elegirse de manera que estos valores de campo sean aproximadamente iguales. Si bien sería favorable reducir las pérdidas de la cúspide del anillo aumentando el flujo relativo en esta área, un enfoque equilibrado puede ser más deseable.

En algunas realizaciones, el campo magnético no es tan sensible a las bobinas espejo 160 y las bobinas de encapsulamiento 150, pero sus dimensiones deben seleccionarse para conseguir la forma deseada del plasma 310. En algunas realizaciones, las bobinas espejo 160 pueden elegirse para que sean tan fuertes como sea posible sin necesidad de imanes más complejos, y el radio de las bobinas espejo 160 puede seleccionarse para mantener un buen acceso de diagnóstico al centro del dispositivo. Algunas realizaciones pueden beneficiarse de la contracción de las bobinas espejo 160, obteniéndose así mayores relaciones espejo para menos corriente, pero a costa de un acceso de diagnóstico axial reducido.

En general, las bobinas de encapsulamiento 150 tienen campos magnéticos más débiles que las otras bobinas en el interior del reactor de fusión 110. De este modo, el posicionamiento de las bobinas de encapsulamiento 150 es menos crítico que las otras bobinas. En algunas realizaciones, las posiciones de las bobinas de encapsulamiento 150 se definen de manera que el acceso no interrumpido al núcleo del dispositivo se mantiene para el diagnóstico. En algunas realizaciones, puede seleccionarse un número par de bobinas de encapsulamiento 150 para acomodar

soportes para bobinas internas 140. Los diámetros de las bobinas de encapsulamiento 150 son generalmente mayores que los de las bobinas internas 140, y pueden ser todos iguales para facilidad de fabricación y montaje común sobre o en un recinto cilíndrico 120. En algunas realizaciones, las bobinas de encapsulamiento 150 pueden moverse hacia adentro hasta el límite del plasma, pero esto puede afectar a las características de fabricación y transferencia de calor del reactor de fusión 110.

En algunas realizaciones, el reactor de fusión 110 incluye diversos sistemas para activar la bobina central 130, las bobinas internas 140, las bobinas de encapsulamiento 150 y las bobinas espejo 160. Por ejemplo, en algunas realizaciones puede utilizarse un sistema de bobinas centrales 410, un sistema de bobinas de encapsulamiento 420, un sistema de bobinas espejo 430 y un sistema de bobinas internas 440. Los sistemas de bobinas 410-440 y las bobinas 130-160 pueden conectarse tal como se ilustra en la figura 4A. Los sistemas de bobinas 410-440 pueden ser cualquier sistema apropiado para conducir cualquier cantidad apropiada de corriente eléctrica a través de las bobinas 130-160. El sistema de bobinas centrales 410 puede utilizarse para accionar la bobina central 130, el sistema de bobinas de encapsulamiento 420 puede utilizarse para accionar bobinas de encapsulamiento 150, el sistema de bobinas espejo 430 puede utilizarse para accionar bobinas espejo 160 y el sistema de bobinas internas 440 puede utilizarse para accionar las bobinas internas 140. En otras realizaciones, pueden utilizarse más o menos sistemas de bobinas que los ilustrados en la figura 4A. En general, los sistemas de bobinas 410-440 pueden incluir cualquier fuente de alimentación apropiada tal como bancos de batería.

La figura 4B ilustra unas bobinas 130-160 de otra realización del reactor de fusión 110. En esta realización, el reactor de fusión 110 incluye una bobina central 130, dos bobinas internas 140 y dos bobinas espejo 160. Además, esta realización del reactor de fusión 110 incluye seis bobinas de encapsulamiento 150. Aunque se ilustran posiciones específicas de las bobinas 130-160, las bobinas 140-160 pueden disponerse en cualquier posición apropiada a lo largo de la línea central 115 para mantener una forma del plasma 310 deseada en el interior del recinto 120.

La figura 4C ilustra unas bobinas 130-160 de otra realización del reactor de fusión 110. En esta realización, el reactor de fusión 110 incluye dos bobinas centrales 130, tres bobinas internas 140 y dos bobinas espejo 160. Además, esta realización del reactor de fusión 110 incluye seis bobinas de encapsulamiento 150. Aunque se ilustran posiciones específicas de las bobinas 130-160, las bobinas 140-160 pueden disponerse en cualquier posición apropiada a lo largo de la línea central 115 para mantener una forma del plasma 310 deseada en el interior del recinto 120.

La figura 4D ilustra unas bobinas 130-160 de otra realización del reactor de fusión 110. En esta realización, el reactor de fusión 110 incluye dos bobinas centrales 130, cuatro bobinas internas 140 y cuatro bobinas espejo 160. Además, esta realización del reactor de fusión 110 incluye ocho bobinas de encapsulamiento 150. Aunque se ilustran posiciones específicas de las bobinas 130-160, las bobinas 140-160 pueden disponerse en cualquier posición apropiada a lo largo de la línea central 115 con el fin de mantener una forma del plasma 310 deseada en el interior del recinto 120.

La figura 4E ilustra bobinas 130-160 de otra realización del reactor de fusión 110. En esta realización, el reactor de fusión 110 incluye una bobina central 130, cuatro bobinas internas 140 y cuatro bobinas espejo 160. Además, esta realización del reactor de fusión 110 incluye cuatro bobinas de encapsulamiento 150. Aunque se ilustran posiciones específicas de las bobinas 130-160, las bobinas 140-160 pueden disponerse en cualquier posición apropiada a lo largo de la línea central 115 con el fin de mantener una forma del plasma 310 deseada en el interior del recinto 120.

Tal como se ilustra en las diversas realizaciones de las figuras 4A-4E anteriores, las realizaciones del reactor de fusión 110 pueden tener cualquier número apropiado, combinación, y separación de bobinas internas 140, bobinas de encapsulamiento 150, y bobinas espejo 160. En general, el reactor de fusión 110 tiene una bobina central 130, dos o más bobinas internas 140 (por ejemplo, dos, cuatro, seis, etc.), dos o más bobinas espejo 160 (por ejemplo, dos, cuatro, seis, etc.), y uno o más bobinas de encapsulamiento 150 que proporcionan un campo magnético que encapsula bobinas internas 140. Esta descripción anticipa cualquier número, combinación y separación de las bobinas internas 140, bobinas de encapsulamiento 150 y bobinas espejo 160 y no se limita a las realizaciones ilustradas.

La figura 5 ilustra el plasma 310 en el interior del recinto 120 que está conformado y confinado por la bobina central 130, las bobinas internas 140, las bobinas de encapsulamiento 150 y las bobinas espejo 160. Tal como se ilustra, las bobinas espejo 160 proporcionan un campo espejo externo. El flujo de la cúspide del anillo está contenido dentro del espejo. Una vaina magnetizada atrapada 510 que se proporciona mediante las bobinas de encapsulamiento 150 evita el desprendimiento del plasma 310. La vaina magnetizada atrapada 510 es una pared magnética que hace que el plasma 310 recircule e impide que el plasma 310 se expanda hacia fuera. El flujo de recirculación se ve así obligado a permanecer en un campo magnético más intenso. Esto proporciona una estabilidad completa en una geometría cilíndrica compacta y eficiente. Además, las únicas pérdidas del plasma que sale del reactor de fusión 110

se encuentran en dos pequeñas cúspides de punto en los extremos del reactor de fusión 110 a lo largo de la línea central 115. Esto es una mejora sobre diseños típicos en los cuales el plasma se desprende y sale en otras posiciones.

Las pérdidas de ciertas realizaciones del reactor de fusión 110 se ilustran también en la figura 5. Tal como se ha mencionado anteriormente, las únicas pérdidas del plasma que sale del reactor de fusión 110 se encuentran en dos pequeñas cúspides de punto en los extremos del reactor de fusión 110 a lo largo de la línea central 115. Otras pérdidas pueden incluir pérdidas por difusión debido a bobinas internas 140 y pérdidas de cúspide axial. Además, en realizaciones en las que las bobinas internas 140 se encuentran suspendidas en el interior del recinto 120 con uno o más soportes (por ejemplo, "tallos"), el reactor de fusión 110 puede incluir pérdidas de cúspide del anillo debido a los soportes.

En algunas realizaciones, las bobinas internas 140 pueden estar diseñadas de tal manera que se reduzcan las pérdidas de difusión. Por ejemplo, ciertas realizaciones del reactor de fusión 110 pueden incluir bobinas internas 140 que estén configuradas para adaptarse a la forma del campo magnético. Esto puede permitir que el plasma 310, que sigue las líneas de campo magnético, evite tocar las bobinas internas 140, reduciendo o eliminando de este modo las pérdidas. Un ejemplo de realización de bobinas internas 140 que ilustran una forma conformada se describe más adelante con referencia a la figura 7.

La figura 6 ilustra un campo magnético de ciertas realizaciones del reactor de fusión 110. En general, el reactor de fusión 110 está diseñado para tener un pozo magnético central que se desea para una operación de beta alta y para conseguir densidades de plasma más elevadas. Tal como se ilustra en la figura 6, el campo magnético puede incluir tres pozos magnéticos. El pozo magnético central puede expandirse con una beta alta, y la fusión se produce en los tres pozos magnéticos. Otra característica deseada es la supresión de las pérdidas de la cúspide del anillo. Tal como se ilustra en la figura 6, las cúspides del anillo se conectan entre sí y recirculan. Además, se desea una buena estabilidad de MHD en todas las regiones. Tal como se ilustra en la figura 6, sólo se necesitan dos penetraciones de campo y el intercambio de MHD se satisface en todas partes.

En algunas realizaciones, los campos magnéticos pueden alterarse sin ninguna reubicación de las bobinas reduciendo las corrientes, creando por ejemplo cúspides más débiles y variando el equilibrio entre el anillo y las cúspides puntuales. La polaridad de las corrientes también podría invertirse para hacer un campo tipo espejo e incluso un espejo encapsulado. Además, las posiciones físicas de las bobinas podrían alterarse.

La figura 7 ilustra un ejemplo de realización de una bobina interna 140 del reactor de fusión 110. En esta realización, la bobina interna 140 incluye un devanado de bobina 710, un blindaje interior 720, una capa 730 y un blindaje exterior 740. En algunas realizaciones, la bobina interna 140 puede quedar suspendida en el interior del recinto 120 con uno o más soportes 750. Los devanados de bobina 710 pueden tener una anchura 715 y pueden estar cubiertos total o parcialmente con el blindaje interior 720. El blindaje interior 720 puede tener un grosor 725 y puede estar cubierto total o parcialmente por la capa 730. La capa 730 puede tener un grosor 735 y puede estar cubierta en su totalidad o en parte por el blindaje exterior 740. El blindaje exterior puede tener un grosor 745 y puede tener una forma que sea conforme al campo magnético en el interior del recinto 120. En algunas realizaciones, la bobina interna 140 puede tener un diámetro total de aproximadamente 1,04 m.

Los devanados de bobina 710 forman una bobina superconductora y llevan una corriente eléctrica que típicamente va en sentido contrario a las bobinas de encapsulamiento 150, la bobina central 130 y las bobinas espejo 160. En algunas realizaciones, la anchura 715 del devanado de las bobinas es de aproximadamente 20 cm. Los devanados de bobina 710 pueden estar rodeados por el blindaje interior 720. El blindaje interior 720 proporciona soporte estructural, reduce el flujo residual de neutrones y protege contra rayos gamma debido a impurezas. El blindaje interior 720 puede estar realizado en tungsteno o cualquier otro material que sea capaz de detener neutrones y rayos gamma. En algunas realizaciones, el grosor 725 del blindaje interior 720 es aproximadamente 11,5 cm.

En algunas realizaciones, el blindaje interior 720 está rodeado por la capa 730. La capa 730 puede estar realizada en litio (por ejemplo, litio-6) y puede tener un grosor 735 de aproximadamente 5 mm. La capa 730 puede estar rodeada por el protector exterior 740. El blindaje exterior 740 puede estar realizado en FLiBe y puede tener un grosor 745 de aproximadamente 30 cm. En algunas realizaciones, el blindaje exterior puede ser conforme a campos magnéticos en el interior del recinto 120 con el fin de reducir las pérdidas. Por ejemplo, el blindaje externo 740 puede formar un toroide.

La figura 8 ilustra una vista en sección cortada del recinto 120 de ciertas realizaciones del reactor de fusión 110. En algunas realizaciones, el recinto 120 incluye una o más partes de un manto interior 810, un manto exterior 820 y una o más capas 730 descritas anteriormente. En la realización ilustrada, el recinto 120 incluye tres partes de manto interior 810 que están separadas por tres capas 730. Otras realizaciones pueden presentar cualquier número o configuración de partes de manto interior 810, capas 730 y manto exterior 820. En algunas realizaciones, el recinto

120 puede tener un grosor total 125 de aproximadamente 80 cm en muchos lugares. En otras realizaciones, el recinto 120 puede tener un grosor total 125 de aproximadamente 1,50 m en muchos lugares. Sin embargo, el grosor 125 puede variar a lo largo de la longitud del recinto 120 dependiendo de la forma del campo magnético en el interior del recinto 120 (es decir, la forma interna del recinto 120 puede ajustarse al campo magnético, tal como se ilustra en la figura 3b y, de este modo, puede no ser un grosor uniforme 125).

En algunas realizaciones, las partes de manto interior 810 tienen un grosor combinado 815 de aproximadamente 70 cm. En otras realizaciones, las partes de manto interior 810 tienen un grosor combinado 815 de aproximadamente 126 cm. En algunas realizaciones, las partes de manto están realizadas en materiales tales como Be, FLiBe y similares.

El manto exterior 820 es cualquier material de baja activación que no tienda radiactivarse bajo irradiación. Por ejemplo, el manto exterior 820 puede ser de hierro o de acero. En algunas realizaciones, el manto exterior 820 puede tener un grosor 825 de aproximadamente 10 cm.

La figura 9 ilustra un sistema informático de ejemplo 900. En realizaciones particulares, el reactor de fusión 110 utiliza uno o más sistemas informáticos 900 para cualquier aspecto que requiera un control informático. Realizaciones particulares incluyen una o más partes de uno o más sistemas informáticos 900. Aquí, la referencia a un sistema informático puede comprender un dispositivo informático, y viceversa, según corresponda. Además, la referencia a un sistema informático puede comprender uno o más sistemas informáticos, según corresponda.

Esta descripción contempla cualquier número adecuado de sistemas informáticos 900. Esta descripción contempla un sistema informático 900 que adopte cualquier forma física adecuada. Como ejemplo y no a modo de limitación, el sistema informático 900 puede ser un sistema informático integrado, un sistema en chip (SOC), un sistema informático de una sola placa (SBC) (tal como, por ejemplo, un ordenador en módulo (COM) o un sistema en módulo (SOM)), un sistema de ordenador de escritorio, un sistema de ordenador portátil o *notebook*, un quiosco interactivo, un ordenador central, una red de sistemas informáticos, un teléfono móvil, un asistente digital personal (PDA), un servidor, un sistema de tableta o una combinación de dos o más de estos. Según corresponda, el sistema informático 900 puede incluir uno o más sistemas informáticos 900; ser unitario o distribuido; abarcar múltiples ubicaciones; abarcar múltiples máquinas; abarcar múltiples centros de datos; o residir en una nube, que puede incluir uno o más componentes de nube en uno o más una o más redes. Según corresponda, uno o más sistemas informáticos 900 pueden realizar, sin limitación espacial o temporal sustancial, una o más etapas de uno o más procedimientos descritos o ilustrados aquí. Como ejemplo y no a modo de limitación, uno o más sistemas informáticos 900 pueden realizar en tiempo real o en modo discontinuo una o más etapas de uno o más procedimientos descritos o ilustrados aquí. Uno o más sistemas informáticos 900 pueden realizar en diferentes momentos o en diferentes ubicaciones una o más etapas de uno o más procedimientos descritos o ilustrados aquí, donde proceda.

En realizaciones particulares, el sistema informático 900 incluye un procesador 902, una memoria 904, un almacenamiento 906, una interfaz de entrada/salida (E/S) 908, una interfaz de comunicación 910 y un bus 912. Aunque esta descripción describe e ilustra un sistema informático particular que tiene un número particular de componentes particulares en una disposición particular, esta descripción contempla cualquier sistema informático adecuado que tenga cualquier número apropiado de cualquier componente adecuado en cualquier disposición apropiada.

En realizaciones particulares, el procesador 902 incluye hardware para ejecutar instrucciones, tales como las que componen un programa de ordenador. Como ejemplo y no a modo de limitación, para ejecutar instrucciones, el procesador 902 puede recuperar (o extraer) las instrucciones de un registro interno, una memoria caché interna, una memoria 904, o un almacenamiento 906; decodificarlos y ejecutarlos; y después escribir uno o más resultados en un registro interno, una memoria caché interna, una memoria 904 o un almacenamiento 906. En realizaciones particulares, el procesador 902 puede incluir una o más cachés internas para datos, instrucciones o direcciones. Esta descripción contempla el procesador 902 incluyendo cualquier número adecuado de cualquier caché interna adecuada, según corresponda. Como ejemplo y no a modo de limitación, el procesador 902 puede incluir una o más cachés de instrucciones, una o más cachés de datos, y uno o más búferes de traducción anticipada (TLBs). Las instrucciones pueden ser copias de instrucciones en la memoria 904 o el almacenamiento 906 y las cachés de instrucciones pueden acelerar la recuperación de esas instrucciones por el procesador 902. Los datos en las cachés de datos pueden ser copias de datos en la memoria 904 o el almacenamiento 906 para instrucciones que se ejecutan en el procesador 902 para operar; los resultados de las instrucciones anteriores ejecutadas en el procesador 902 para el acceso por instrucciones subsiguientes que se ejecutan en el procesador 902 o para escribir en la memoria 904 o en el almacenamiento 906; u otros datos adecuados. Las cachés de datos pueden acelerar las operaciones de lectura o escritura por el procesador 902. Los TLBs pueden acelerar la traducción de direcciones virtuales para el procesador 902. En realizaciones particulares, el procesador 902 puede incluir uno o más registros internos para datos, instrucciones o direcciones. Esta descripción contempla el procesador 902 incluyendo cualquier

número adecuado de cualquier registro interno adecuado, según corresponda. Según corresponda, el procesador 902 puede incluir una o más unidades aritmético lógicas UALs); ser un procesador de varios núcleos; o incluir uno o más procesadores 902. Aunque esta descripción describe e ilustra un procesador particular, esta descripción contempla cualquier procesador adecuado.

En realizaciones particulares, la memoria 904 incluye una memoria principal para almacenar instrucciones para que las ejecute el procesador 902 o datos para que el procesador 902 opere. Como ejemplo y no a modo de limitación, el sistema informático 900 puede cargar instrucciones desde el almacenamiento 906 u otra fuente (tal como, por ejemplo, otro sistema informático 900) a la memoria 904. El procesador 902 puede entonces cargar las instrucciones desde la memoria 904 a un registro interno o caché interna. Para ejecutar las instrucciones, el procesador interno 902 puede recuperar las instrucciones del registro o caché interna y descodificarlas. Durante o después de la ejecución de las instrucciones, el procesador 902 puede escribir uno o más resultados (que pueden ser resultados intermedios o finales) al registro interno o caché interno. El procesador 902 puede entonces escribir uno o más de esos resultados en la memoria 904. En realizaciones particulares, el procesador 902 ejecuta solamente instrucciones en uno o más registros internos o en memorias internas o en la memoria 904 (a diferencia del almacenamiento 906 u otro lugar) y opera sólo sobre datos en uno o más registros internos o cachés internas o en la memoria 904 (a diferencia del almacenamiento 906 u otro lugar). Uno o más buses de memoria (que pueden incluir cada uno un bus de dirección y un bus de datos) pueden conectar el procesador 902 a la memoria 904. El bus 912 puede incluir uno o más buses de memoria, tal como se describe a continuación. En realizaciones particulares, entre el procesador 902 y la memoria 904 reside una o más unidades de gestión de memoria (MMUs) y facilitan los accesos a la memoria 904 solicitados por el procesador 902. En realizaciones particulares, la memoria 904 incluye memoria de acceso aleatorio (RAM). Esta RAM puede ser volátil, según corresponda. Según corresponda, esta RAM puede ser RAM dinámica (DRAM) o RAM estática (SRAM). Además, según corresponda, esta memoria RAM puede ser RAM de único puerto o de múltiples puertos. Esta descripción contempla cualquier memoria RAM adecuada. La memoria 904 puede incluir una o más memorias 904, según corresponda. Aunque esta descripción describe e ilustra una memoria particular, esta descripción contempla cualquier memoria adecuada.

En realizaciones particulares, el almacenamiento 906 incluye almacenamiento masivo para datos o instrucciones. Como ejemplo y no a modo de limitación, el almacenamiento 906 puede incluir una unidad de disco duro (HDD), una unidad de disquete, una memoria flash, un disco óptico, un disco magnetoóptico, una cinta magnética o una unidad de bus de serie universal (USB) o una combinación de dos o más de estos. El almacenamiento 906 puede incluir medios extraíbles o no extraíbles (o fijos), según corresponda. El almacenamiento 906 puede ser interno o externo al sistema informático 900, según corresponda. En realizaciones particulares, el almacenamiento 906 es una memoria de estado sólido no volátil. En realizaciones particulares, el almacenamiento 906 incluye memoria de sólo lectura (ROM). Según corresponda, esta ROM puede ser ROM programada por máscara, ROM programable (PROM), PROM borrable (EPROM), PROM borrable eléctricamente (EEPROM), ROM eléctricamente alterable (EAROM) o memoria flash o una combinación de dos o más de éstos. Esta descripción contempla el almacenamiento masivo 906 tomando cualquier forma física adecuada. El almacenamiento 906 puede incluir una o más unidades de control de almacenamiento que faciliten la comunicación entre el procesador 902 y el almacenamiento 906, según corresponda. Según corresponda, el almacenamiento 906 puede incluir uno o más almacenamientos 906. Aunque esta descripción describe e ilustra un almacenamiento particular, esta descripción contempla cualquier almacenamiento adecuado.

En realizaciones particulares, la interfaz de E/S 908 incluye hardware, software o ambos, proporcionando una o más interfaces para la comunicación entre el sistema informático 900 y uno o más dispositivos de E/S. El sistema informático 900 puede incluir uno o más de estos dispositivos de E/S, según corresponda. Uno o más de estos dispositivos de E/S pueden permitir la comunicación entre una persona y el sistema informático 900. A modo de ejemplo y no a modo de limitación, un dispositivo de E/S puede incluir un teclado, teclado numérico, micrófono, monitor, ratón, impresora, escáner, altavoz, cámara fija, lápiz óptico, tableta, pantalla táctil, *trackball*, cámara de vídeo, otro dispositivo de E/S adecuado o una combinación de dos o más de estos. Un dispositivo de E/S puede incluir uno o más sensores. Esta descripción contempla cualquier dispositivo de E/S adecuado y cualquier interfaz I/O adecuada 908 para ellos. Según corresponda, la interfaz de E/S 908 puede incluir uno o más dispositivos o unidades de software que permitan al procesador 902 accionar uno o más de estos dispositivos de E/S. La interfaz de E/S 908 puede incluir una o más interfaces de E/S 908, según corresponda. Aunque esta descripción describe e ilustra una interfaz de E/S particular, esta descripción contempla cualquier interfaz de E/S adecuada.

En realizaciones particulares, la interfaz de comunicación 910 incluye hardware, software o ambos que proporcionan una o más interfaces para comunicación (tal como, por ejemplo, comunicación por paquetes) entre el sistema informático 900 y uno o más sistemas informáticos 900 o una o más redes. Como ejemplo y no a modo de limitación, la interfaz de comunicación 910 puede incluir un controlador de interfaz de red (NIC) o un adaptador de red para comunicarse con una red Ethernet u otra red cableada o un NIC inalámbrico (WNIC) o un adaptador inalámbrico para comunicarse con una red inalámbrica, tal como una red WI-FI. Esta descripción contempla cualquier red adecuada y cualquier interfaz de comunicación adecuada 910 para la misma. Como ejemplo y no a modo de

limitación, el sistema informático 900 puede comunicarse con una red ad hoc, una red de área personal (PAN), una red de área local (LAN), una red de área extendida (WAN), una red de área metropolitana (MAN), o una o más partes de Internet o una combinación de dos o más de éstas. Una o más partes de una o más de estas redes pueden ser cableadas o inalámbricas. A modo de ejemplo, el sistema informático 900 puede comunicarse con una PAN inalámbrica (WPAN) (tal como, por ejemplo, una WPAN por BLUETOOTH), una red WI-FI, una red WI-MAX, una red telefónica celular (tal como, por ejemplo, una red de Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM)) u otra red inalámbrica adecuada o una combinación de dos o más de éstas. El sistema informático 900 puede incluir cualquier interfaz de comunicación adecuada 910 para cualquiera de estas redes, según corresponda. La interfaz de comunicación 910 puede incluir una o más interfaces de comunicación 910, según corresponda. Aunque esta descripción describe e ilustra una interfaz de comunicación particular, esta descripción contempla cualquier interfaz de comunicación adecuada.

En realizaciones particulares, el bus 912 incluye hardware, software o ambos componentes de conexión del sistema informático 900 entre sí. Como ejemplo y no a modo de limitación, el bus 912 puede incluir un puerto de gráficos acelerado (AGP) u otro bus de gráficos, un bus EISA (Arquitectura Estándar Industrial Extendida), un bus lateral frontal (FSB), una interconexión HYPERTRANSPORT (HT), un bus ISA (Arquitectura Estándar Industrial), una interconexión INFINIBAND, un bus LPC (bajo número de pines), un bus de memoria, un bus de Arquitectura de Micro Canal (MCA), un bus de Interconexión de Componentes de Periféricos (PCI), un bus PCI-Express (PCIe), un bus de Tecnología Avanzada de Conexiones en Serie (SATA), un bus local de Asociación para Estándares de Electrónica de Vídeo (VLB), u otro bus adecuado o una combinación de dos o más de estos. El bus 912 puede incluir uno o más buses 912, según corresponda. Aunque esta descripción describe e ilustra un bus particular, esta descripción contempla cualquier bus o interconexión adecuado.

Aquí, un medio o medios de almacenamiento no transitorio legible por ordenador puede incluir uno o más circuitos integrados (CIs) basados en semiconductores (tales como, por ejemplo, matrices de puertas programables en campo (FPGAs) u otros, o CIs específicos de aplicación (ASICs), unidades de disco duro (HDD), discos duros híbridos (HHDs), discos ópticos, unidades de discos ópticos (ODDs), discos magnetoópticos, unidades magnetoópticas, disquetes, unidades de disquete (FDD), cintas magnéticas, unidades de estado sólido (SSD), unidades RAM, tarjetas o unidades SECURE DIGITAL o cualquier otro soporte de almacenamiento no transitorio legible por ordenador o cualquier combinación adecuada de dos o más de estos, según corresponda. Un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador puede ser volátil, no volátil o una combinación de volátiles y no volátiles, según corresponda.

Aquí, "o" es inclusivo y no exclusivo, a menos que se indique expresamente lo contrario o se indique lo contrario por contexto. Por lo tanto, en la presente memoria, "A o B" significa "A, B, o ambos", a menos que se indique expresamente lo contrario o se indique lo contrario por contexto. Además, "y" es tanto conjunto como por separado, a menos que se indique expresamente lo contrario o se indique lo contrario por contexto. Por lo tanto, en este documento, "A y B" significa "A y B, conjunta o separadamente", a menos que se indique expresamente lo contrario o se indique lo contrario por contexto.

El alcance de esta descripción incluye todos los cambios, sustituciones, variaciones, alteraciones y modificaciones a las realizaciones de ejemplo que se han descrito o ilustrado aquí que un experto en la materia comprendería. El alcance de esta descripción no está limitado a las realizaciones de ejemplo que se han descrito o ilustrado anteriormente aquí. Además, aunque esta descripción describe e ilustra respectivas realizaciones aquí incluyendo componentes, elementos, funciones, operaciones, o etapas particulares, cualquiera de estas realizaciones puede incluir cualquier combinación o permutación de cualquiera de los componentes, funciones, operaciones o etapas que se han descrito o ilustrado en cualquier parte aquí que un experto en la materia comprendería. Además, la referencia en las reivindicaciones adjuntas a un aparato o sistema o componente de un aparato o sistema que está adaptado para, dispuesto para, configurado para, habilitado para, operable para, u operativo para realizar una función particular incluye el citado aparato, sistema, componente, ya sea si esa función particular está activada, encendida o desbloqueada, siempre que dicho aparato, sistema o componente esté así adaptado, dispuesto, capacitado, configurado, habilitado, operable u operativo, estando definida la invención en cualquier caso por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Reactor de fusión (110) que comprende:

una pluralidad de bobinas magnéticas internas (140) suspendidas en el interior de un recinto (120);
una o más bobinas magnéticas centrales (130) coaxiales con la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140);
una pluralidad de bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) coaxiales con las bobinas magnéticas internas (140), en el que las de bobinas magnéticas de encapsulamiento (150), en funcionamiento, mantienen una pared magnética que impide que se expanda plasma (310) en el interior del recinto (120); y
una pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160) coaxiales con las bobinas magnéticas internas (140).

2. Reactor de fusión de la reivindicación 1, en el que las bobinas magnéticas, cuando se les suministra corrientes eléctricas, forman campos magnéticos para confinar plasma (310) en el interior del recinto (120), comprendiendo las corrientes eléctricas:

una pluralidad de primeras corrientes eléctricas que fluyen en una primera dirección a través de las bobinas magnéticas de encapsulamiento (150), la una o más bobinas magnéticas centrales (130), y la pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160); y

una pluralidad de segundas corrientes eléctricas que fluyen en una segunda dirección que es opuesta a la primera dirección a través de la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140).

3. Reactor de fusión de la reivindicación 1 o 2, en el que la una o más bobinas magnéticas centrales (130) y las bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) son externas al recinto (120).

4. Reactor de fusión de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140) comprende dos bobinas magnéticas internas (140) en cada lado de un punto medio (340) del recinto (120);
la pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160) comprende dos bobinas magnéticas espejo (160) cada lado de un punto medio (340) del recinto (120); y
la una o más bobinas magnéticas centrales (130) comprende una bobina magnética central (130) en cada lado de un punto medio (340) del recinto (120).

5. Reactor de fusión de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

las bobinas magnéticas internas (140) comprenden, cada una, una forma toroidal; y
las bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) comprenden, cada una, una forma en sección transversal substancialmente cuadrada.

6. Reactor de fusión de la reivindicación 1, en el que:

la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140) comprende:
una bobina magnética interna (140) en cada lado de un punto medio (340) del recinto (120); y
una bobina magnética interna (140) situada en el punto medio (340) del recinto (120);
la pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160) comprende una bobina magnética espejo (160) en cada lado de un punto medio (340) del recinto (120); y
la una o más bobinas magnéticas centrales (130) comprende una bobina magnética central (130) en cada lado del punto medio (340) del recinto (120).

7. Reactor de fusión de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) comprende dos, tres, cuatro o cinco bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) en cada lado de un punto medio (340) del recinto (120).

8. Reactor de fusión de la reivindicación 1, en el que:
el recinto (120) comprende:
un primer extremo (320) y un segundo extremo (330) que es opuesto al primer extremo (320); y
un punto medio (340) que es substancialmente equidistante entre el primer y el segundo extremo (320, 330) del recinto (120);
una o más bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) de la pluralidad de bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) quedan posicionadas en cada lado del punto medio (340) del recinto (120); y
las bobinas magnéticas, cuando se les suministra corrientes eléctricas, forman campos magnéticos para confinar el plasma (310) en el interior del recinto (120).

9. Reactor de fusión de la reivindicación 8, en el que una de las bobinas magnéticas centrales (130) se encuentra situada próxima al punto medio (340) del recinto (120).

10. Reactor de fusión de la reivindicación 9, en el que:
la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140) comprende:
dos bobinas magnéticas internas (140A) situadas entre la bobina magnética central (130) y el primer extremo (320) del recinto (120); y
dos bobinas magnéticas internas (140B) situadas entre la bobina magnética central (130) y el segundo extremo (330) del recinto (120);
la una o más bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) posicionadas en cada lado del punto medio (340) del recinto (120) comprende:
un primer conjunto de dos o más bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) situadas entre la primera bobina magnética interna (140A) y el primer extremo (320) del recinto (120); y
un segundo conjunto de dos o más bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) situadas entre la segunda bobina magnética interna (140B) y el segundo extremo (330) del recinto (120); y
la pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160) comprende:
una primera bobina magnética espejo (160A) situada próxima al primer extremo (320) del recinto (120); y
una segunda bobina magnética espejo (160B) situada próxima al segundo extremo (330) del recinto (120).

11. Reactor de fusión de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que las corrientes eléctricas suministradas a las bobinas magnéticas comprenden:

una pluralidad de primeras corrientes eléctricas que fluyen en una primera dirección a través de las bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) y la pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160); y

una pluralidad de segundas corrientes eléctricas que fluyen en una segunda dirección que es opuesta a la primera dirección a través de las bobinas magnéticas internas (140).

12. Reactor de fusión de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que las bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) son externas al recinto (120).

13. Reactor de fusión de la reivindicación 1, en el que:
el recinto (120) comprende:

una línea central (115) que desciende por un eje central del recinto (120);
un primer extremo (320) y un segundo extremo (330) que es opuesto al primer extremo (320); y
un punto medio (340) que es substancialmente equidistante entre el primer y el segundo extremo (320, 330) del recinto (120);
la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140) queda centrada en la línea central (115) y cada una presenta una forma toroidal, comprendiendo la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140):
por lo menos una primera bobina magnética interna (140A) situada entre el punto medio (340) y el primer extremo (320) del recinto (120); y
por lo menos una segunda bobina magnética interna (140B) situada entre el punto medio (340) y el segundo extremo (330) del recinto (120);
las bobinas magnéticas de encapsulamiento (150) presentan un diámetro mayor que la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140), comprendiendo la pluralidad de bobinas magnéticas de encapsulamiento (150):
por lo menos una primera bobina magnética de encapsulamiento (150) situada entre el punto medio (340) y el primer extremo (320) del recinto (120); y
por lo menos una segunda bobina magnética de encapsulamiento (150) situada entre el punto medio (340) y el segundo extremo (330) del recinto (120);
una de las bobinas magnéticas centrales (130) se encuentra situada próxima al punto medio (340) del recinto (120); y
la pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160) comprende:
por lo menos una primera bobina magnética espejo (160A) situada entre punto medio (340) y el primer extremo (320) del recinto (120); y
por lo menos una segunda bobina magnética espejo (160B) situada entre punto medio (340) y el segundo extremo (330) del recinto (120);
en el que las bobinas magnéticas, cuando se les suministra corrientes eléctricas, forman campos magnéticos para confinar el plasma (310) en el interior del recinto (120).

14. Reactor de fusión de la reivindicación 13, en el que las corrientes eléctricas suministradas a las bobinas magnéticas comprenden:

una pluralidad de primeras corrientes eléctricas que fluyen en una primera dirección a través de la pluralidad de bobinas magnéticas de encapsulamiento (150), la bobina magnética central (130), y la pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160); y
una pluralidad de segundas corrientes eléctricas que fluyen en una segunda dirección que es opuesta a la primera dirección a través de la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140).

15. Reactor de fusión de la reivindicación 13, en el que la pluralidad de bobinas magnéticas de encapsulamiento (150), en funcionamiento, conservan la estabilidad magneto-hidrodinámica (MHD) del reactor de fusión (110) manteniendo la pared magnética que impide que el plasma (310) se expanda.

16. Reactor de fusión de la reivindicación 8 o 13, en el que la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140) comprende dos bobinas magnéticas internas (140) en cada lado del punto medio (340) del recinto (120).

17. Reactor de fusión de la reivindicación 8 o 13, en el que la pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160) comprende dos bobinas magnéticas espejo (160) en cada lado del punto medio (340) del recinto (120).

18. Reactor de fusión de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la pluralidad de bobinas magnéticas espejo (160) comprende una primera y una segunda bobina magnética espejo (160A, 160B) dispuestas en lados opuestos de la una o más bobinas magnéticas centrales (130).

19. Reactor de fusión de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la pluralidad de bobinas magnéticas internas (140) están rodeadas por el plasma (310), y protegidas del mismo, y suspendidas en el interior del recinto (120) por al menos un soporte (750).

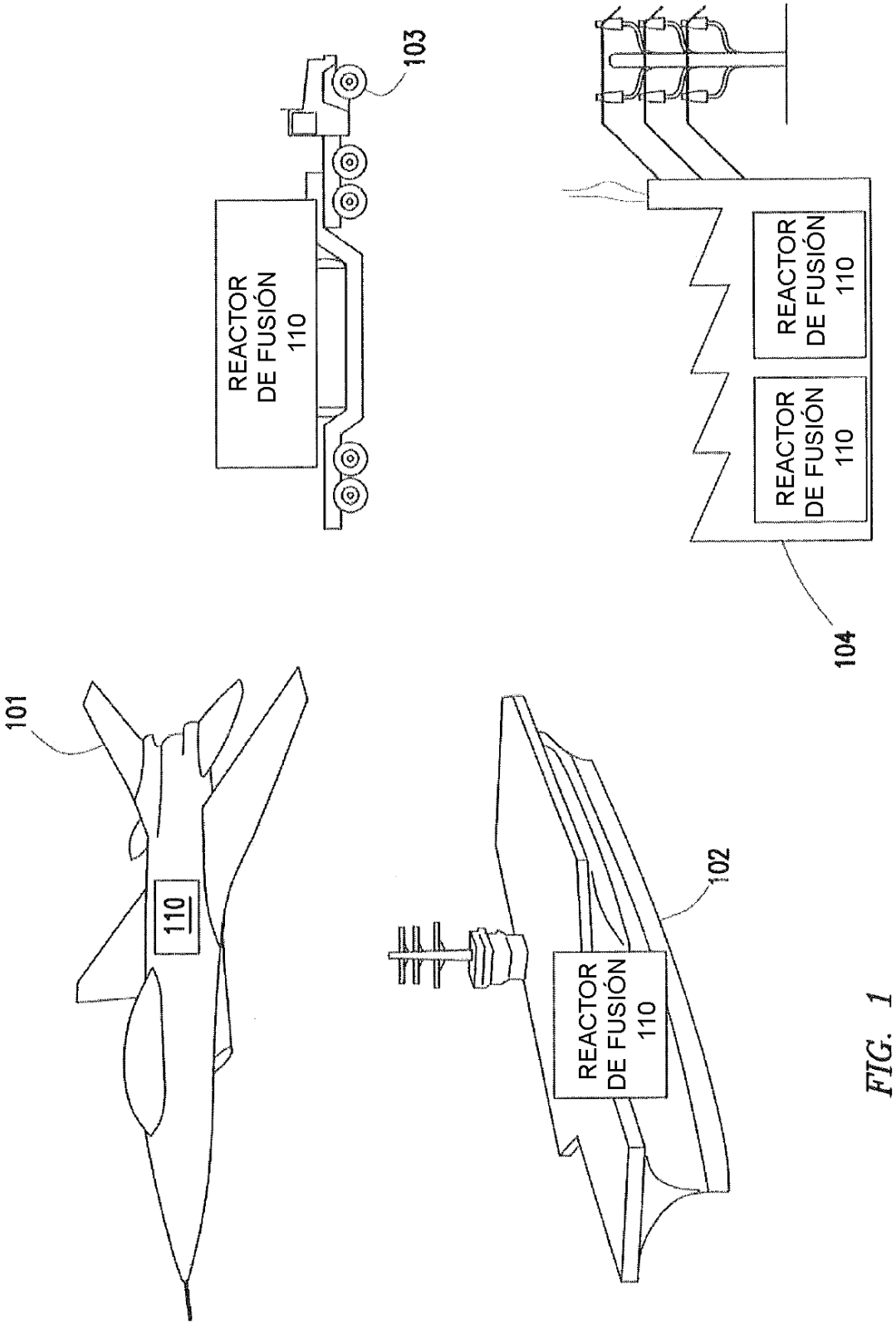
101
110
102
REACTOR DE FUSIÓN 110
103
REACTOR DE FUSIÓN 110
104
REACTOR DE FUSIÓN 110
REACTOR DE FUSIÓN 110

FIG. 1

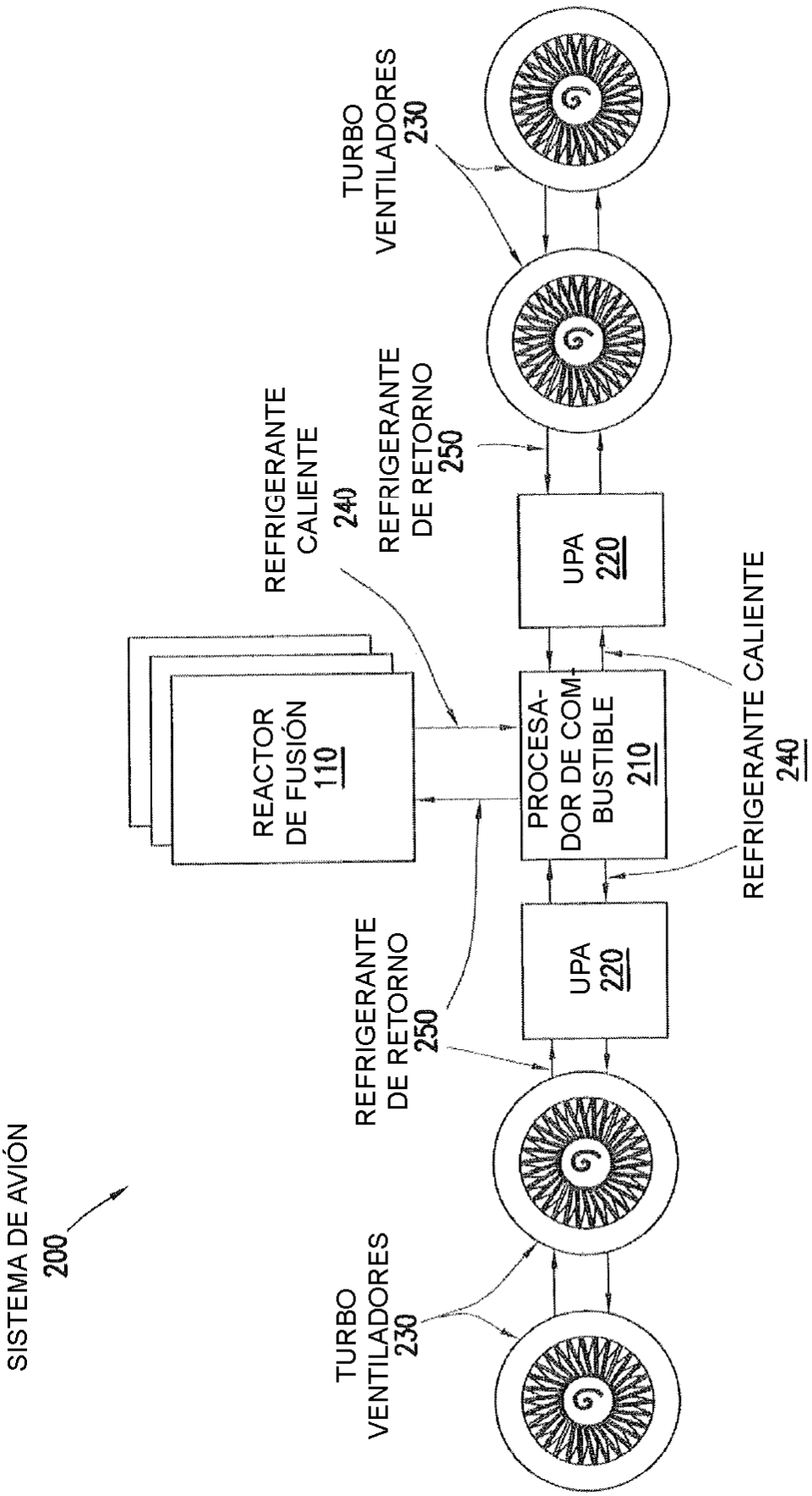
SISTEMA DE AVIÓN
200
TURBO VENTILADORES
230
TURBO VENTILADORES
230
REFRIGERANTE DE RETORNO
250
REFRIGERANTE DE RETORNO
250
REFRIGERANTE CALIENTE
240
REFRIGERANTE CALIENTE
240
REACTOR DE FUSIÓN
110
PROCESADOR DE COMBUSTIBLE
210
UPA
220
UPA
220

FIG. 2

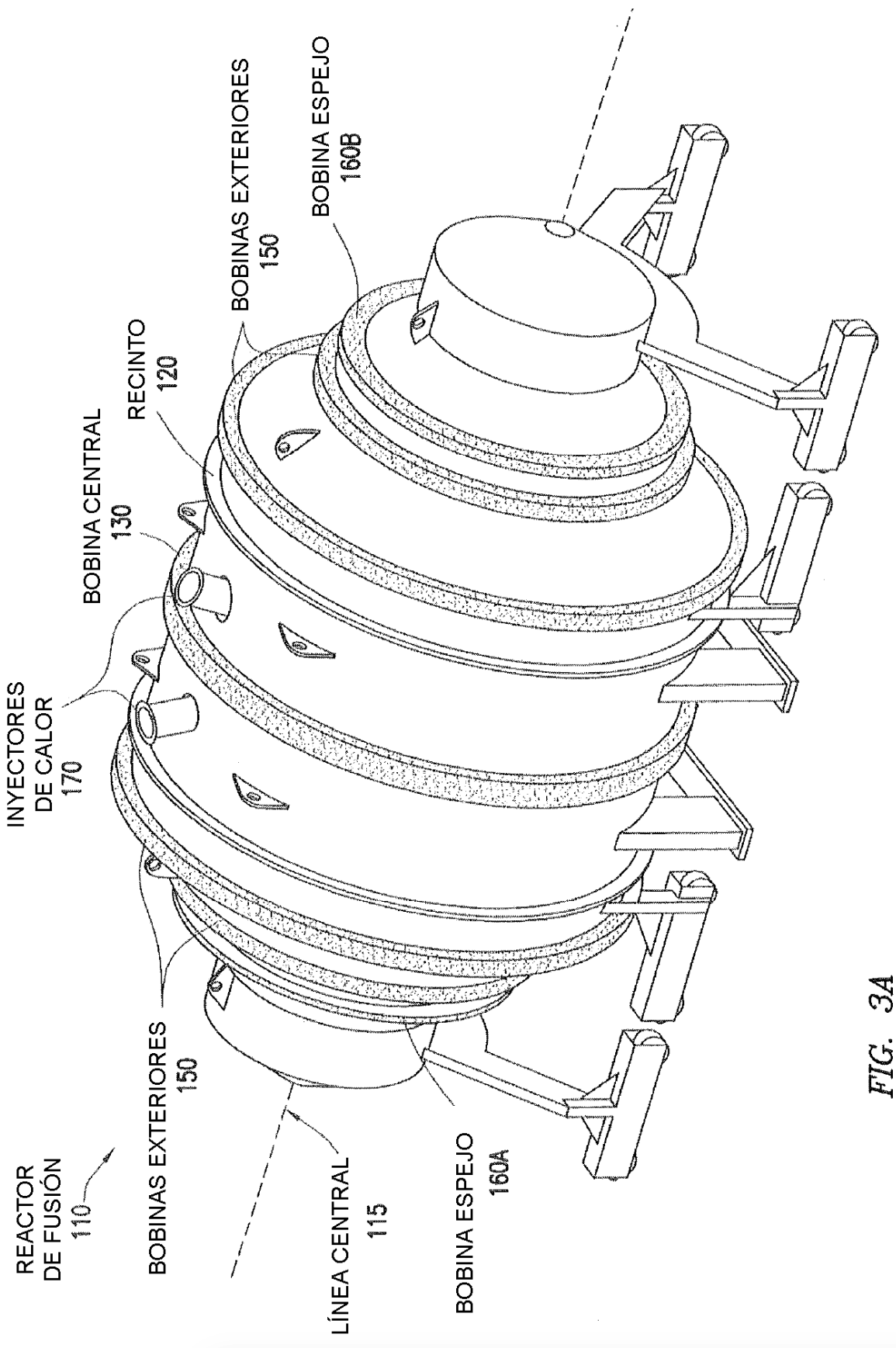
REACTOR DE FUSIÓN 110
BOBINAS EXTERIORES 150
LÍNEA CENTRAL 115
BOBINA ESPEJO 160A
INYECTORES DE CALOR 170
BOBINA CENTRAL 130
RECINTO 120
BOBINAS EXTERIORES 150
BOBINA ESPEJO 160B

FIG. 3A

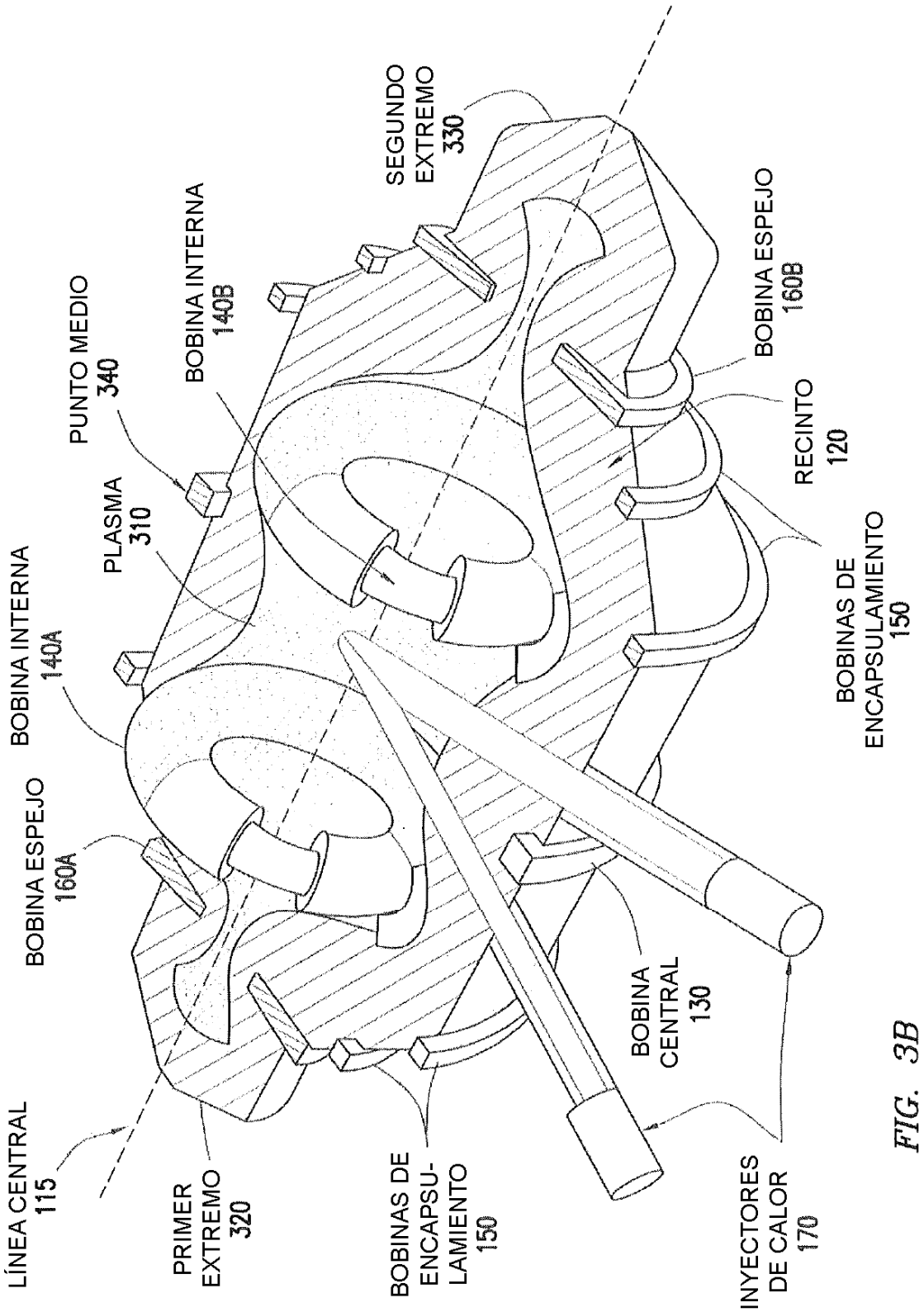
LÍNEA CENTRAL
115
BOBINA ESPEJO
160A
BOBINA INTERNA
140A
PLASMA
310
PUNTO MEDIO
340
BOBINA INTERNA
140B
SEGUNDO
EXTREMO
330
BOBINA ESPEJO
160B
RECINTO
120
BOBINAS DE
ENCAPSULAMIENTO
150
PRIMER
EXTREMO
320
BOBINAS DE
ENCAPSU-
LAMIENTO
150
BOBINA
CENTRAL
130
INYECTORES
DE CALOR
170

FIG. 3B

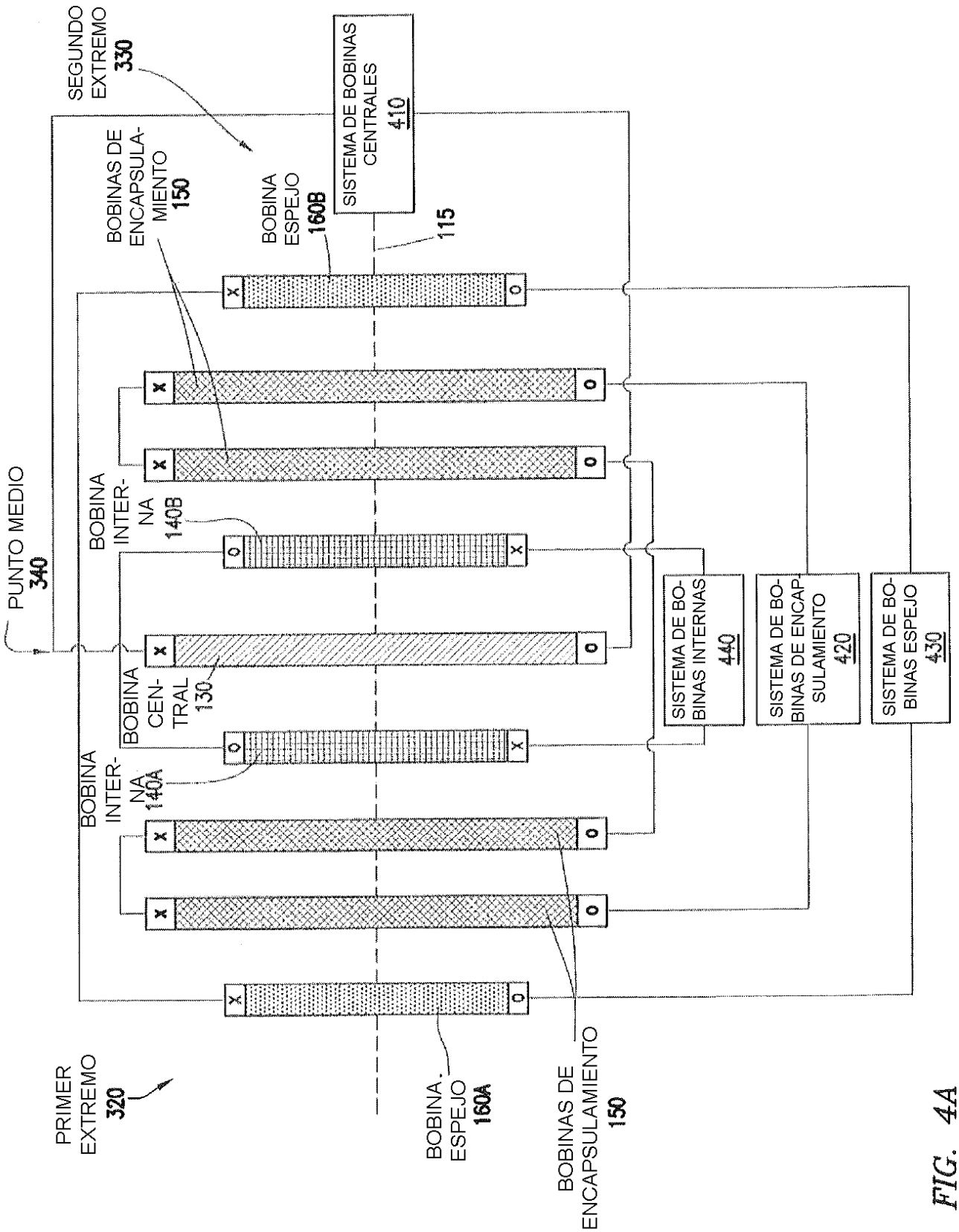
SEGUNDO EXTREMO 330
SISTEMA DE BOBINAS CENTRALES 410
BOBINAS DE ENCAPSULA-MIENTO 150
BOBINA ESPEJO 160B
115
PUNTO MEDIO 340
BOBINA INTER-NA 140B
BOBINA CEN-TRAL 130
BOBINA INTER-NA 140A
SISTEMA DE BO-BINAS INTERNAS 440
SISTEMA DE BO-BINAS DE ENCAP-SULAMIENTO 420
SISTEMA DE BO-BINAS ESPEJO 430
PRIMER EXTREMO 320
BOBINA ESPEJO 160A
BOBINAS DE ENCAPSULAMIENTO 150

FIG. 4A

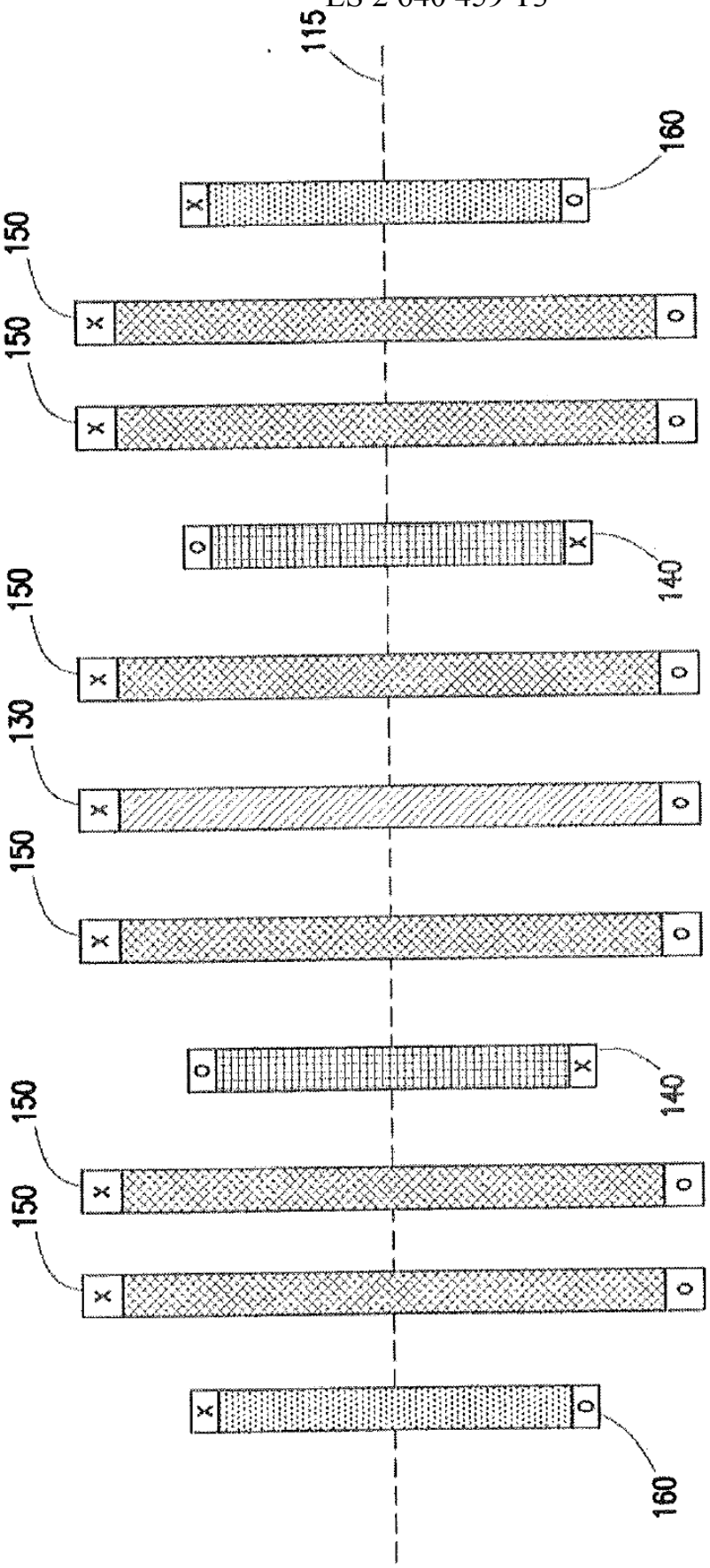

FIG. 4B

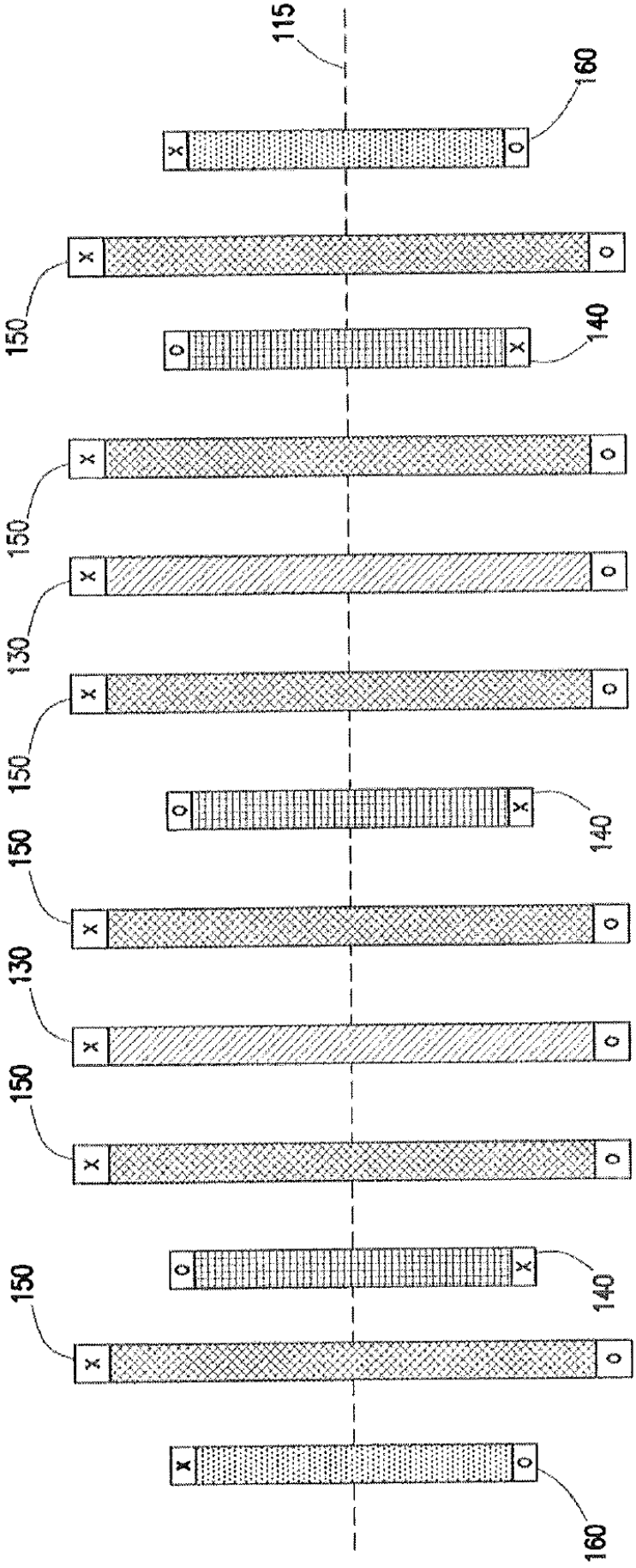

FIG. 4C

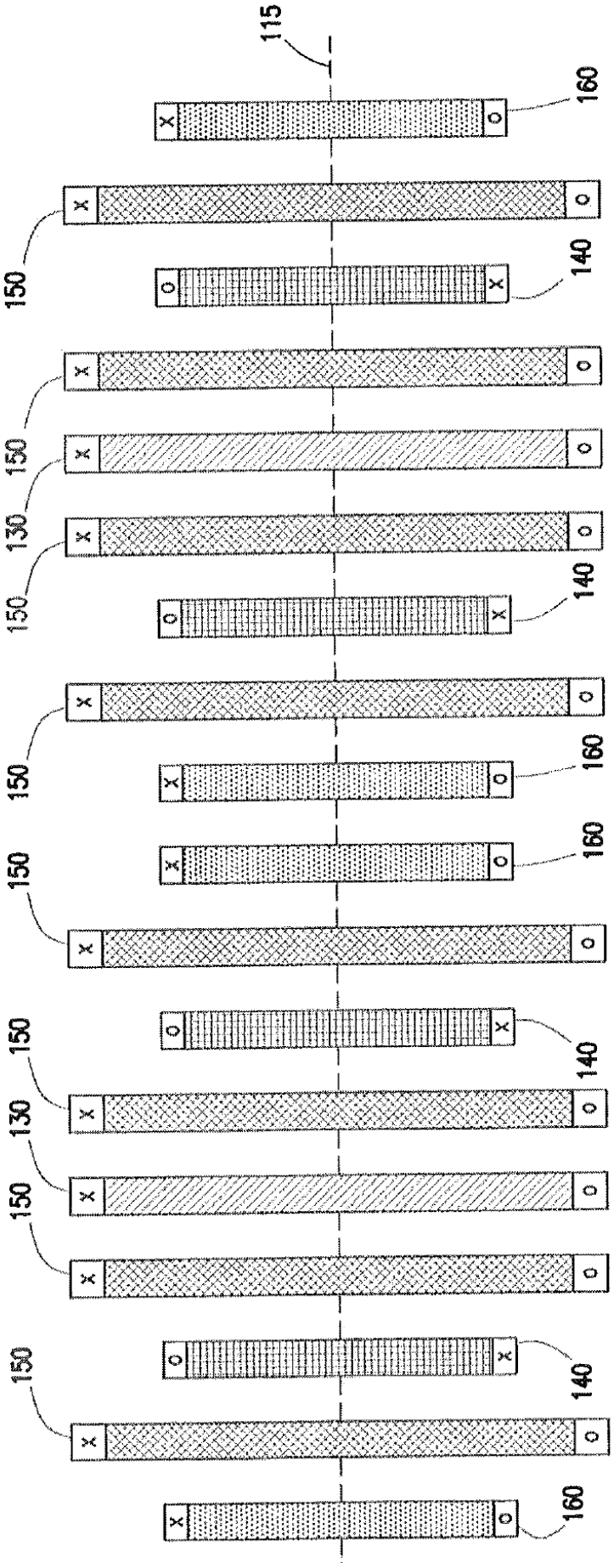
115
160
150
140
150
130
150
140
150
160
160
150
140
150
130
150
140
160

FIG. 4D

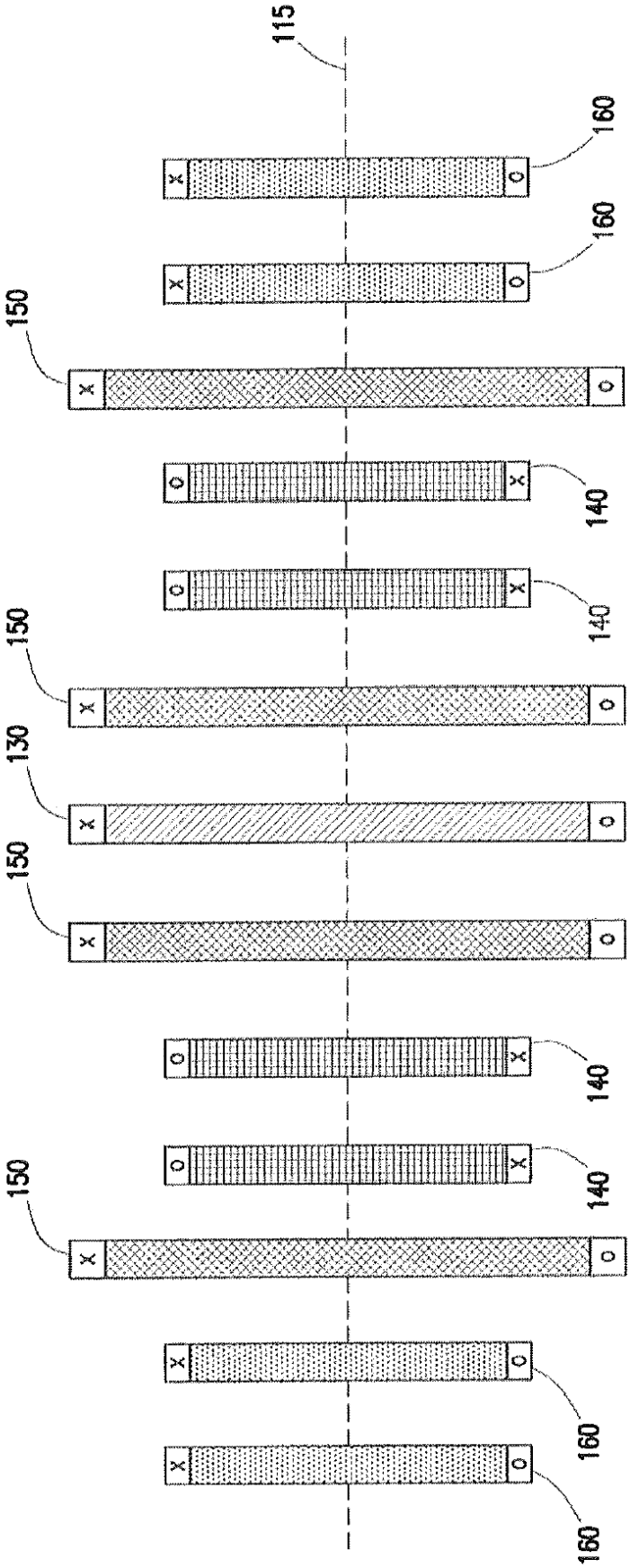

FIG. 4E

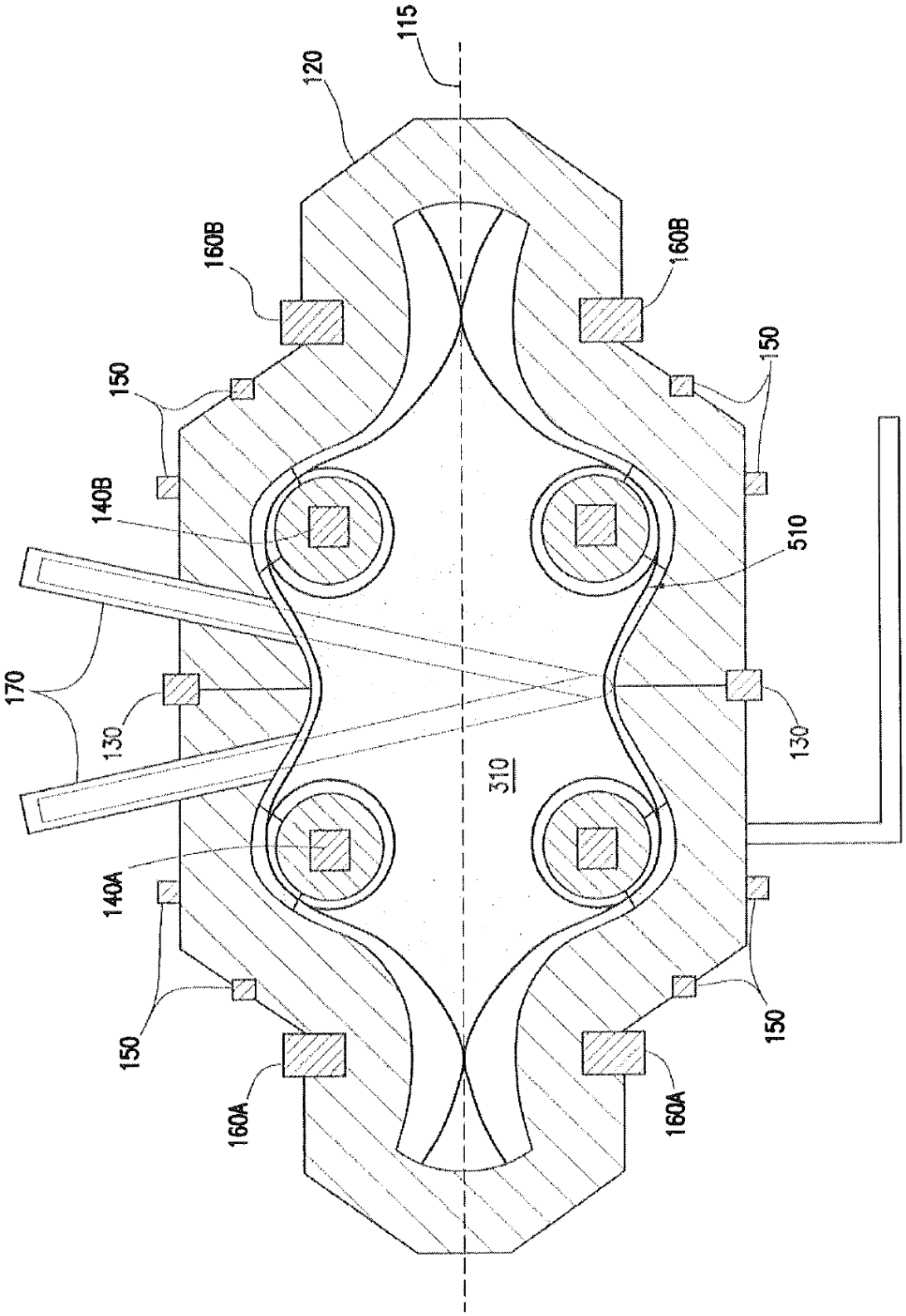
115
120
160B
160B
150
150
140B
510
170
130
130
310
140A
150
150
160A
160A

FIG. 5

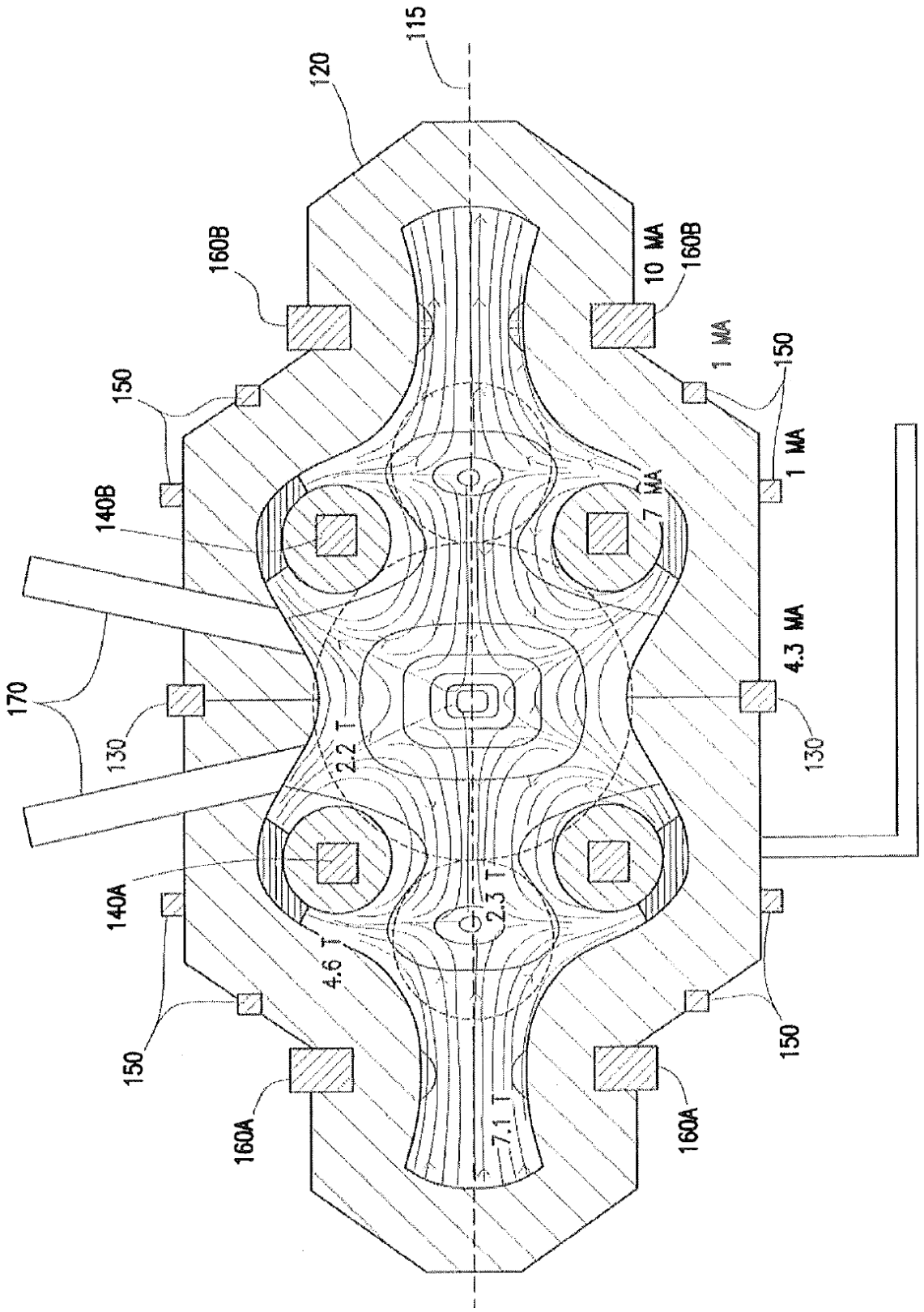
115
120
160B
10 MA
160B
1 MA
150
150
1 MA
150
140B
7 MA
4.3 MA
170
130
2.2 T
130
140A
2.3 T
4.6 T
150
150
160A
7.1 T
160A

FIG. 6

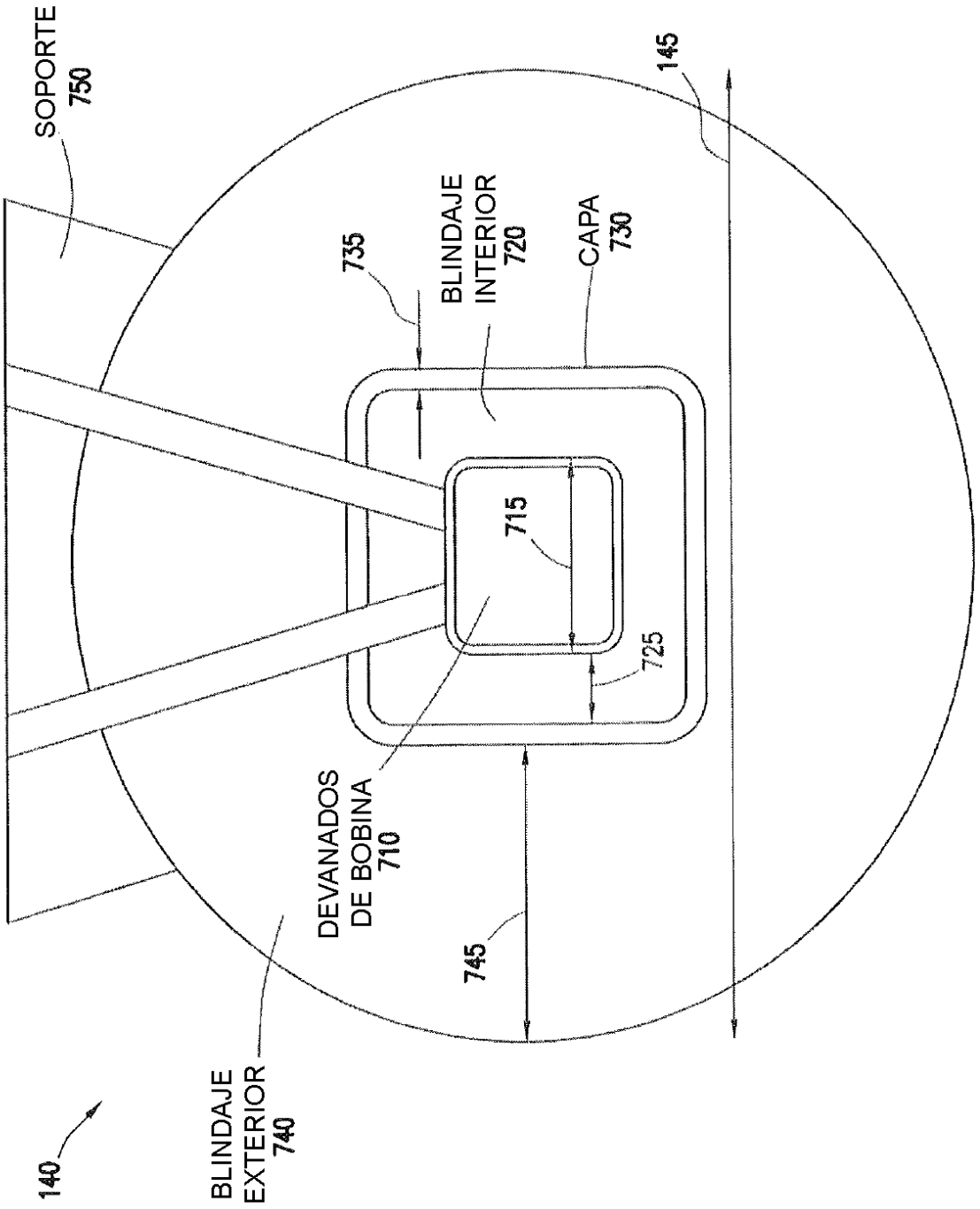
SOPORTE
750
145
735
BLINDAJE
INTERIOR
720
CAPA
730
715
725
DEVANADOS
DE BOBINA
710
745
BLINDAJE
EXTERIOR
740
140

FIG. 7

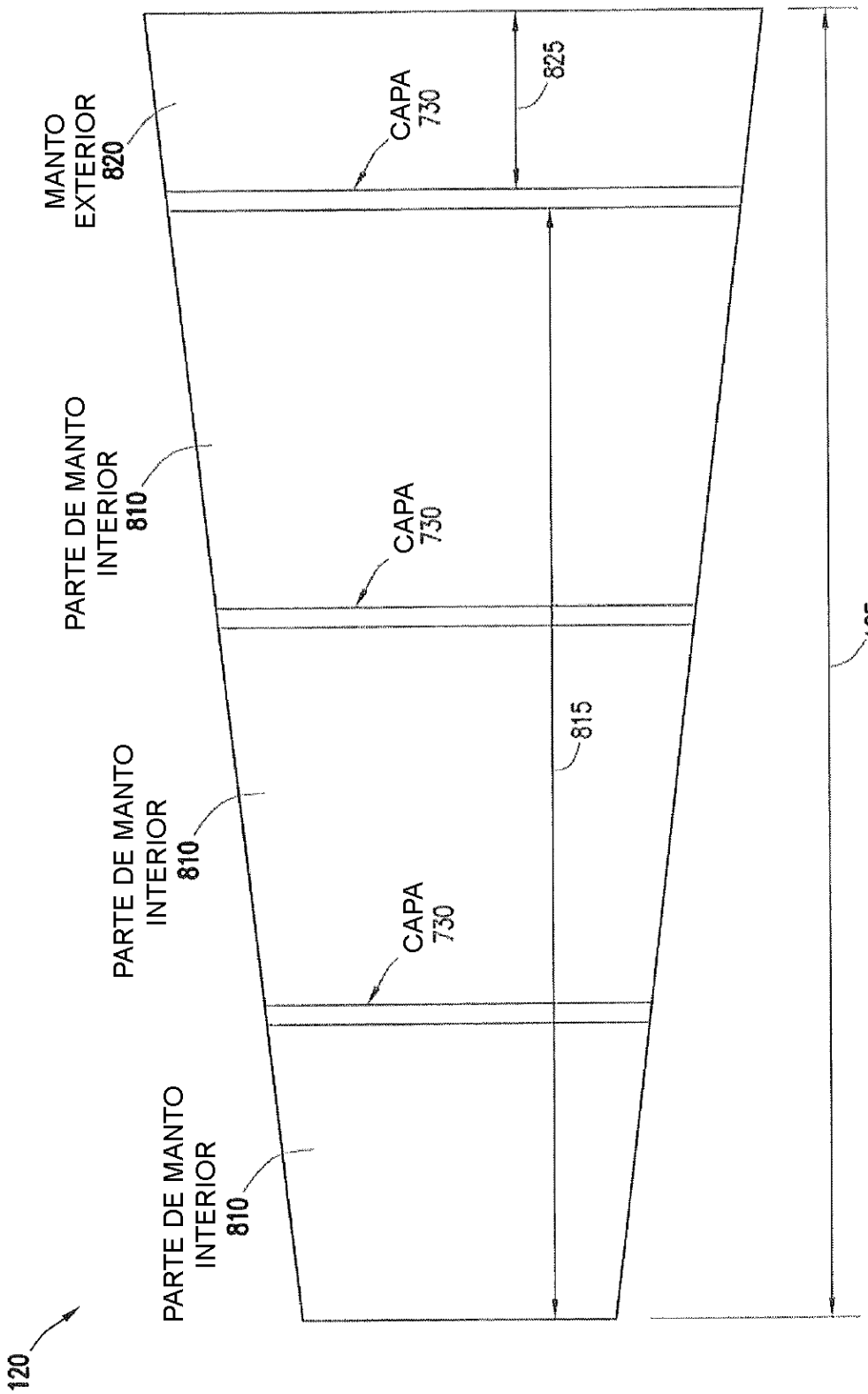
MANTO EXTERIOR 820
CAPA 730
825
PARTE DE MANTO INTERIOR 810
CAPA 730
PARTE DE MANTO INTERIOR 810
CAPA 730
815
PARTE DE MANTO INTERIOR 810
125
120

FIG. 8

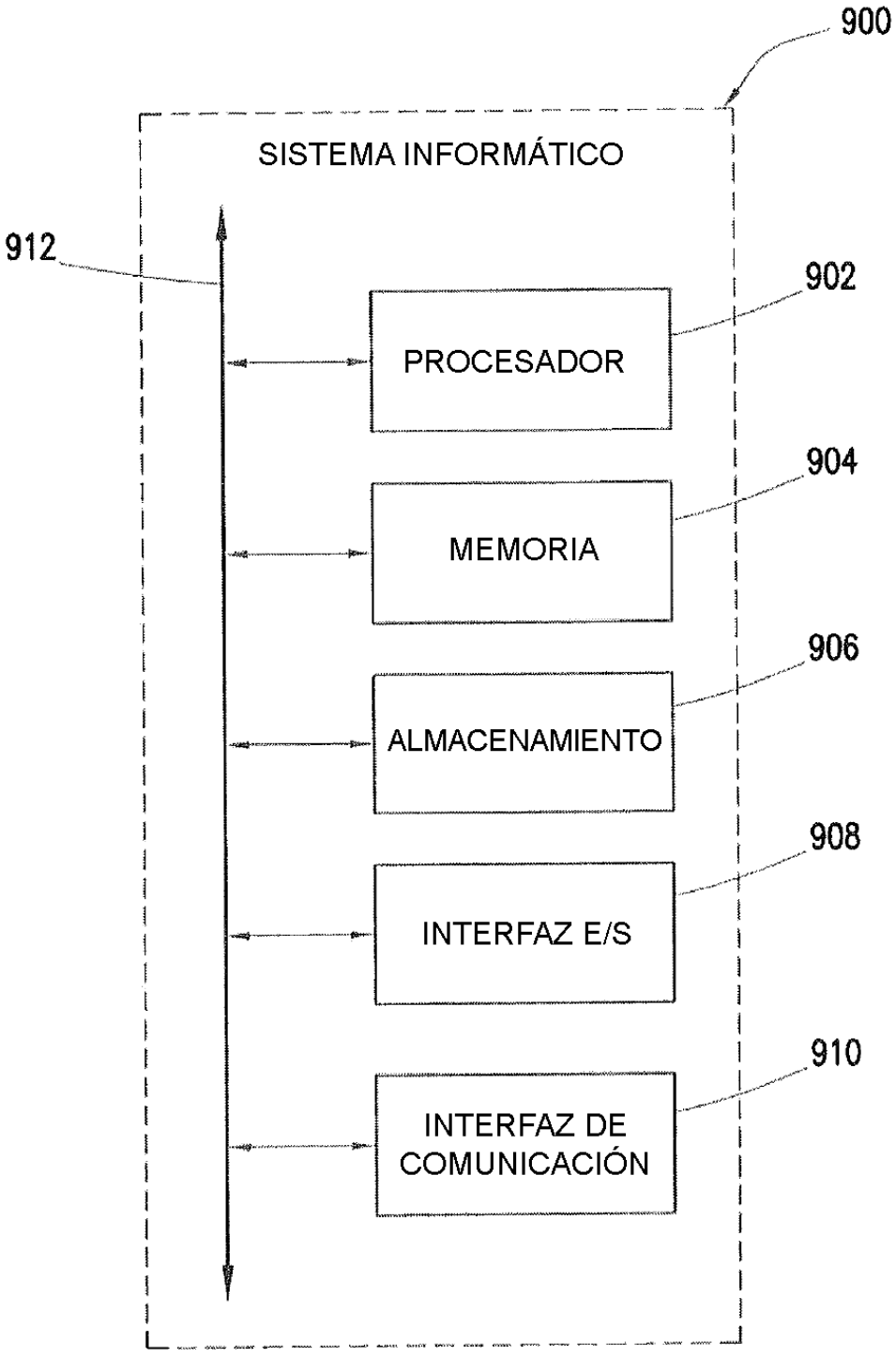
900
SISTEMA INFORMÁTICO
912
902
PROCESADOR
904
MEMORIA
906
ALMACENAMIENTO
908
INTERFAZ E/S
910
INTERFAZ DE COMUNICACIÓN

FIG. 9